



Université d'Oran 2
Faculté des Sciences de la Terre et de l'Univers

MEMOIRE

Pour l'obtention du diplôme de Master
Sciences de la Terre

Thème :

**Analyses des écoulements au niveau du bassin
versant de l'oued Deurdeur**

Présenté et soutenu publiquement par :

Mr. MODY ISSAKA HASSANE

Mr. ALI KOURE MOHAMED-EI MOCTAR

Mr. SAFA. A

Professeur

Président

Mr. BOUZID. R

M.C.B

Examineur

Me. BAKRETI. A

M.C.B

Encadreur

Année : 2020-2021

REMERCIEMENTS

our commencer nous remercions tout d'abord **ALLAH** le tout puissant et miséricordieux, **P** qui nous a toujours donné la force de passer à travers toutes les épreuves et les découragements, qui nous aidée amener à terme Cette étude.

Nous remercions sincèrement notre promotrice Mme BEKRETI AMEL pour ses judicieux conseils. Quelques mots ne suffiront pas à exprimer notre profonde gratitude pour la confiance que vous nous avez accordée en acceptant de superviser ce travail.

Nous n'oublierons jamais la gentillesse, la disponibilité, vos encouragements et les qualités scientifiques exceptionnelles que vous avez le long de cette recherche.

Nous tenons à remercier vivement tous les enseignants qui ont contribué à notre formation et principalement l'ensemble des enseignants du département de Géologie, spécialité Hydrologie de Ressource en Eau.

Nous ne saurions oublier de remercier l'honorable membre du jury, Monsieur BOUZID qui a bien voulu accepter d'être président de jury, et monsieur qui a accepté la lourde tâche d'être examinateur ASSIA SAFA pour notre travail. Et qui nous ont fait l'immense honneur de présider et d'examiner ce travail.

Nos remerciements vont aussi à tous ceux qui ont participé de près ou de loin même avec un bon mot humble et sincère sourire pour l'établissement de ce modeste travail. A Tous ceux qui nous ferons l'honneur de tenir ce mémoire.

A Toutes les personnes de l'Université Mohamed Ben Ahmed D'Oran 2.

A Toutes et à tous, on vous dit Merci.

Dédicace

Avec l'aide de Dieu, j'ai pu réaliser ce modeste travail de mémoire que je dédie :

A mes très chers parents pour leurs encouragements, leur patience et leurs sacrifices, et aussi pour toute la grande famille **DJACKOU** pour leur soutien moral et financier, ainsi pour tout ce qu'ils m'ont offert pour être enfin ce que je suis. Je ne saurais vous remercier assez, mais sachez bien que je vous serai éternellement reconnaissant.

A mon formidable grand frère **ISSA KOURE' IBRAHIM (IKI)** qui a toujours été là du début jusqu'à la fin et qui ne s'arrêtait jamais de me soutenir dans les moments les plus importants en me souhaitant à chaque fois la réussite ; je ne pourrai jamais assez te remercier pour tout ce que tu as fait pour moi. Un jour tu seras fier de moi.

A mon très cher grand frère **A. AZIZ S. KOURE'** que je tiens à remercier particulièrement aussi pour ses conseils enrichissants et pour le soutien également, parce que sans ton aide et tes efforts qui sont gravés dans ma mémoire je ne serais pas là aujourd'hui à écrire ces mots.

A ma petite sœur qui a toujours été ma source de courage, de volonté et d'espoir. C'est grâce à toi que j'ai eu la force de terminer ce travail. Je t'adore ma très chère princesse « **FATIMA ALI KOURE'** ».

A mon binôme **ISSAKA MODY HASSAN** je te remercie pour ta patience, ta gentillesse et ton courage durant cette expérience.

A mes chers collègues et mes chers ami(e)s ; en témoignage de l'amitié qui nous unis et des souvenirs de tous les moments que nous avons passés ensemble je vous dédie ce travail.

A mes professeurs qui doivent voir dans ce travail le fruit d'un savoir bien acquis.

Dédicace

Je dédie ce mémoire :

A ma mère MARIAMA BOUBACAR

A mon père MODY ISSAKA

Aucun mot ne pourrait qualifier mes sentiments et mon profond respect pour vos sacrifices dans mon éducation, merci d'avoir cru en moi. Qu'ALLAH vous récompense, vous bénisse et vous garde longtemps. AMEEN, je vous souhaite une longue vie pleine de sante, de bonheur et d'amour.

A mes chers frères et sœurs :

En espérant que ce travail vous inspirera à atteindre ce niveau et même à le dépasser.

Ousseina, Nafissa, Mahamadou, Abdoul Latif, Abdoul Razak, Ramatoulaye, Abdour Rahmane, Abdour Rahim, Abdallah je vous aime de toutes mes forces. Qu'ALLAH vous guide toute votre vie, vous bénisses et vous garde pour moi. AMMEN

A mon binôme Ali Kouré Mohamed-El Moctar je te remercie pour ta patience, ta gentillesse et ton courage durant cette expérience.

A tous mes amis, proches et collègues qui m'ont toujours encouragé, et à qui je souhaite plus de succès.

A tous ceux que j'aime.

Résumé :

La plupart des bassins versants arides et semi-arides algériens manquent de la gestion durable des ressources naturelles. L'objectif de ce travail est une régionalisation des sous bassins homogènes à partir d'une analyse morphométrique du bassin de Cheliff (43750 km²) situé au Nord-Ouest de l'Algérie. Le bassin hydrographique a été caractérisé en utilisant des techniques MNT sur les terres et les eaux (ILWIS). L'analyse morphométrique des bassins permet d'explorer l'interrelation entre les paramètres hydrologiques et les caractéristiques géomorphologiques, et les variables statistiques explicatives, qui servent de support à une classification du bassin versant en zones homogènes. Cette étude peut être appliquée pour la gestion des sols et de l'eau, ainsi que pour la prévention des catastrophes à partir de bassins hydrographiques similaires.

Mots clés : Régionalisation hydrologique, MNT, ILWIS, analyse morphométrique, zones homogènes.

Table des matières

Table des matières	
Listes des figures	
Introduction générale.....	1
Introduction.....	2
I. Site d'étude sur le barrage de Deurdeur	2
1. Présentation générale de la région hydrographique « cheliff zahrez ».....	2
2. Situation géographique de l'oued du haut cheliff	2
3. Caractéristique physique des bassins du haut Chélif.....	3
3.1 Bassin de Deurdeur :	3
3.2 Topographie	4
3.3 Réseau hydrographique.....	5
4. Caractéristiques géologiques :.....	7
5. Caractéristiques hydrogéologiques :.....	8
6. Caractéristiques lithos stratigraphiques :.....	9
II. Barrage de Deurdeur.....	9
1. Situation géographique :	9
2. Description générale :.....	9
III. Synthèse climatique du bassin versant du Cheliff	11
1. Analyse des tendances dans les séries pluviométriques.....	12
2. Analyse des tendances des températures	14
3. Sécheresse	14
4. Ressources en eau.....	15
4.1 Eaux superficielles.....	15
4.2 Retenues collinaires	18
4.3 Prises	18
5. Eaux souterraines.....	18
5.1 Ressources en eau souterraine des principales unités hydrogéologiques	18
5.2 Evolution des niveaux des nappes	20
6. Plaine du Haut Cheliff.....	20
IV. Synthèse géomorphologique	21
1. Géomorphologie.....	21
2. Etude du Relief	23
3. Importation de fichier MNT.....	23

3.1	Hydrotraitement du MNT (MNT Hydro-processing).....	23
3.2	Détermination du débit (Flow Determination)	24
3.3	Réseau de drainage et extraction des sous bassins versants (Network and Catchment extraction)	27
3.3.3	Extraction des sous bassins versants (Catchment extraction)	30
3.3.4	Assemblage des sous bassins versants (Catchment merge)	31
3.3.5	Extraction du MNT pour chaque SBV	34
3.3.6	Hydrotraitement des MNT_SBV.....	34
	Conclusion	35
	Introduction.....	36
I.	Techniques de mesures	36
II.	Le choix de l'année Hydrologique	37
III.	Etude de la stationnarité	37
IV.	Régimes fluviaux et variations saisonnières des ressources en eau de surface.....	38
V.	Les régimes saisonniers et les coefficients mensuels de débits	38
VI.	Etudes de la variabilité des écoulements du bassin versant de Sobha	39
1.	Critiques des données.....	39
2.	Variabilité mensuelle.....	39
3.	Variabilité annuelle.....	40
4.	Variabilité saisonnière.....	41
	44
	Etudes Géomorphologiques.....	46
	Introduction.....	46
I.	Définition et délimitation d'un bassin versant.....	46
II.	Caractéristique des formes :	46
1.	Indice de compacité ou indice de Gravélius :.....	47
2.	Périmètre	47
3.	Superficie	47
4.	Rectangle équivalent	47
III.	Caractéristiques du Relief	48
1.	Hypsométrie des bassins.....	48
2.	Indice de pente	49
3.	Indice de pente de roche « Ip »	49
4.	Indice de pente globale Ig.....	50
5.	Pente moyenne d'un bassin versant « Im ».....	50
IV.	Paramètres Du Réseau Hydrographique :	51

1. Densité de drainage Dd	52
2. Coefficient de torrencialité (C_t).....	52
3. Temps de concentration	52
Références Bibliographiques.....	

Listes des figures

Figure 1 : situation géographique de la zone d'étude	3
Figure 2 : situation de la zone d'étude.....	5
Figure 3 : Réseau Hydrographique du bassin Chélif-Zahrez (Mehaiguene , 2005)	7
Figure 4 : carte hydrogéologique de la zone d'étude (source ANBT2008)	8
Figure 5 : vue générale du barrage de Deurdeur (ANBT 2008)	9
Figure 6 : Deurdeur courbe hauteur capacité	11
Figure 7 : carte des étages climatiques du bassin versant de chelf	13
Figure 8 : évolution de la capacité de stockage d'eau de surface.....	16
Figure 9 : : Inventaire du réseau piézométrique de la plaine du Haut Cheliff.....	21
Figure 10 Visualisation du MNT de BV Chélif	24
Figure 11 : Carte du MNT de BV Chélif après la correction (fill_sinks)	25
Figure 12 : Carte du sens d'écoulement du BV Chélif (flow_direction)	26
Figure 13 Extrait de la carte d'accumulation de flux (flow_accumulation)	27
Figure 14 Extrait de la carte d'extraction du réseau de drainage (drainage network extraction)	28
Figure 15 : Carte d'affectation des ordres de Strahler dans le réseau de drainage du BV Chélif (Drainage network ordering).....	29
Figure 16 : Extraction des SBV du bassin Chélif (Catchment extraction).....	31
Figure 17 : Localisation des exutoires du BV Chélif	33
Figure 18 : Assemblage des SBV du bassin Chélif (Catchment merge) (les chiffres représentent l'identifiant « Id » de chaque SBV)	34
Figure 19:débits maxima mensuels des crues pour la période [1978-1994].....	39
Figure 20:Débit annuel des crues à différente période [1978-1994].	41
Figure 21: Débits des crues saisonniers [1978-1994].....	42
Figure 22:Courbe et répartition hypsométrique.	49
Figure 23:Réseau Hydrographique de bassin haut Chélif	51

Listes des tableaux

Tableau 1 : quelques caractéristiques du barrage de Deurdeur (Aouda, S.2011) :

Tableau 2 : moyennes de température a la station de cheliff

Tableau 3 : probabilité issue du processus de Markov d'ordre 1

Tableau 4 : Etat des réserves des barrages en exploitation

Tableau 5 : ressource en eau souterraine pour la période (1961-1990)

Tableau 6 : Unité hydrogéologique par bassin versant (PNE,1998)

Tableau 7 : Caractéristiques géométriques et hydro-morphométriques du bassin

Introduction générale

L'eau est une ressource limitée et vulnérable, vitale pour l'homme : sa survie, son alimentation, ses activités agricoles économiques et la qualité de son environnement en dépend étroitement. Cependant, elle est le réceptacle de tout type de pollution (Benayache,2013).

Les études menées sur le bassin versant de Deurdeur dans la région de haut Cheliff nous permettent de découvrir les caractéristiques et les conditions géologiques ; ainsi les études sur les variabilités des écoulements de bassin versant de Sobha sur les régimes des débits dont nous avons calculé par l'utilisation de méthodes statistiques.

Effectivement, malgré que l'Algérie soit un pays ayant de grandes ressources en eaux.

Les eaux susceptibles d'être utilisées comme eaux potables sont les eaux superficielles ; mais malheureusement ces eaux sont de plus en plus polluées. Ceci exige ; afin de les rendre potables des traitements long et couteux.

Les diverses études en Algérie ont porté sur la qualité physico-chimique et bactériologique des eaux. Elles ont pu estimer leur potabilité, leur aptitude à l'irrigation, et par conséquent, leur impact sur la santé humaine et l'environnement (Kahoul M, Touhami M.2014).

La willaya de Tipaza et d'Ain Defla qui sont l'une des grandes villes d'Algérie possède d'énormes réserves d'eau superficielles et souterraines et la quasi-totalité de sa population est raccordée au réseau de distribution en eau potable.

Afin de contribuer au contrôle de la qualité des eaux destinées à la consommation au niveau de ces villes, nous avons réalisé une étude qui a porté sur l'évaluation de la qualité physico-chimique et bactériologique des brutes de deux barrages «Boukerdane » et «Deurdeur» et ce, en mesurant d'abord selon les techniques d'analyse décrites par Rodier et al., (2009) sur plusieurs échantillons mensuelles prélevés étiqueté (la date ;le nom...) durant une période de x mois (...).

Chapitre 1 :

Généralités

Introduction

Le bassin du Chélif a été choisi comme une zone d'application de notre travail en raison de sa vaste superficie (43750 km²) par conséquent un nombre maximal des sous bassins versants et ainsi de suite une grande variabilité des caractéristiques morphométriques (le phénomène de variabilité spatiale) qui nous permet de régionaliser les sous bassins homogènes. Donc, cette partie est consacrée à une description générale du bassin versant Chélif afin de donner les indications en termes de pente, système de drainage, topographie, géomorphologie et la lithologie du bassin. Les principales caractéristiques d'un bassin versant étudié ont une importance majeure car elles interviennent, et souvent d'une façon combinée à la future analyse des paramètres morphométriques et hydrographiques du bassin à l'aide des modèles numériques de terrain.

I. Site d'étude sur le barrage de Deurdeur

1. Présentation générale de la région hydrographique « cheliff zahrez »

La région hydrographique cheliff-zahrez s'étend sur une superficie de 54000km², elle regroupe trois bassins hydrographiques : le côtier Dahra (3201km²) le bassin endoréique du zahrez (8989km²) et le bassin de Chélif (437500kmm²) (ANBT,2008)

Les bassins versants du Chélif sont classiquement subdivisés en trois grands ensembles :

- Les bassins versant de bas Chélif
- Les bassins versants du moyen Chélif
- Les bassins versants du haut Chélif auxquels appartient la région étudiée.

2. Situation géographique de l'oued du haut cheliff

Le bassin versant du haut Chélif occupe une superficie totale de 4745km², il est situé entre 35°,70 et 36°30 de latitude Nord, 2 et 3°,25 de longitude Est. Au point de vue administratif, le bassin du haut Chélif s'étend sur la quasi-totalité de la superficie de la wilaya de Ain Defla (ANBT,2008).

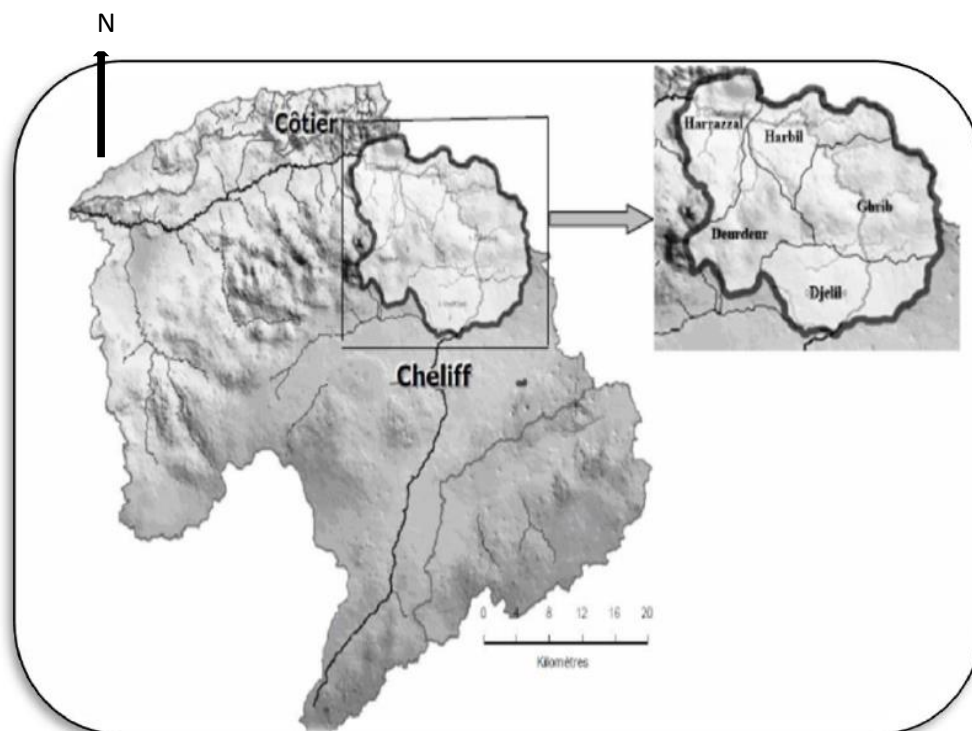


Figure 1 : situation géographique de la zone d'étude

3. Caractéristique physique des bassins du haut Chélif

A partir de la base nord-occident de l'Atlas saharien, l'oued Chélif s'encaisse et se rétrécit à la hauteur de l'Atlas du tell, site où se trouve le barrage de Deurdeur. (ANBT,2008)

3.1 Bassin de Deurdeur :

L'oued deurdeur est un courant et à une altitude de 271m. Elle est située au Nord-Est de l'oued Slimane proche de Sidi Boumazad, dans la région de Ain Defla de Latitude $36^{\circ}13'32N$ et de longitude $21^{\circ}15'45S$.

Avec une superficie de 506km^2 un bassin bien plus ramassé autour de son conduit d'écoulement principal. Mais pour ce bassin 63% de la surface est au-dessus de 100m, ces vallées est profonde certes, mais beaucoup moins large que dans des formations marneuses. (ANBT,2008).

Près de la moitié du bassin est occupé par un plateau grés-calcaire (crétacé du djrhles et djechoun) culminant à 1000-1500m d'altitude, aux couches subhorizontales, couvert d'un forêt bien conservé des vallées profondes mais étroite l'entaillent, en majorité fossiles ou ne coulant que lors des crues exceptionnelles (ANBT,2008).

Le rôle de Deurdeur est de compléter l'action de Ghrib qui doit exercer sur les irrégularités et les diminutions des fournitures. Il agit à la fois par sa capacité et les apports qu'il reçoit (ANBT,2008).

L'oued Deurdeur, à son arrivée dans la plaine de Chélif a un bassin versant et un régime hydrologique très semblable à ceux de l'oued Fodda (ANBT,2008).

3.2 Topographie

S'étendant entre les massifs Côtiers Dahra du Nord et les hautes plaines des Chotts Chergui et Gharbi du Zahrez, le bassin du Chélif présente un relief compartimenté. On distingue quatre régions naturelles diversifiées : les chaînes montagneuses du Dahra-Zaccar (chef-lieu de la wilaya de Chlef) (de 700 à 1 580 m d'altitude) au Nord et l'Ouarsenis au Sud (près de 2 000 m d'altitude), la vallée du Chélif au centre et une région côtière. (Benhattab et *al* ,2014)

- L'altitude moyenne des bassins de la région d'étude varie dans le bassin Chélif entre 640 m (Aval Boughzoul) et 980 m dans les hautes plateaux (Amont Boughzoul).
- L'altitude moyenne varie entre moins de 300 m (sous bassins Chélif Ouarizane et Mina aval) à plus de 900 m (sous bassins Oued Deurdeur et Oued Abd amont). Elle est élevée dans les sous bassins des hautes plaines (Amont Boughzoul). Elle varie entre 790 m (sous bassin Diaa Boughzoul) à 1410m (sous bassin Oued Sebgag Berkana).
- Il s'avère que les secteurs, d'altitude supérieure à 1200 m, sont peu étendus dans les bassins Aval et Amont Boughzoul; Elles correspondent à des massifs montagneux importants, seuls les sommets des monts de l'Ouarsenis, des monts de Tiaret et des djebels Ammour dépassant les 1600m d'altitude.
- Les zones d'altitude comprise entre 400 et 1000 m, couvrent 13 899 km² dans le bassin Aval Boughzoul, soit environ 58% de la superficie total de ce bassin. Les zones d'altitude comprise entre 700 et 1200 m, couvrent 15 736 km² dans le bassin Amont Boughzoul, soit environ 79% de la superficie totale du bassin.
- Les zones dans les bassins à l'amont du barrage Boughzoul correspondent en majorité aux bassins des hautes plaines. L'altitude de ces dernières ne descend, que très rarement, en dessous de 700 m.
- Enfin, les secteurs, d'altitude inférieure à 400 m dans le bassin Aval Boughzoul, représentant un peu plus du quart (29,45%) de la superficie totale du bassin. Elles concernent essentiellement la moitié septentrionale du bassin. Il correspond exclusivement aux vallées drainées par le Moyen et le Bas Chélif (le principal affluent : l'Oued Mina). (Mehaiguene, 2005).

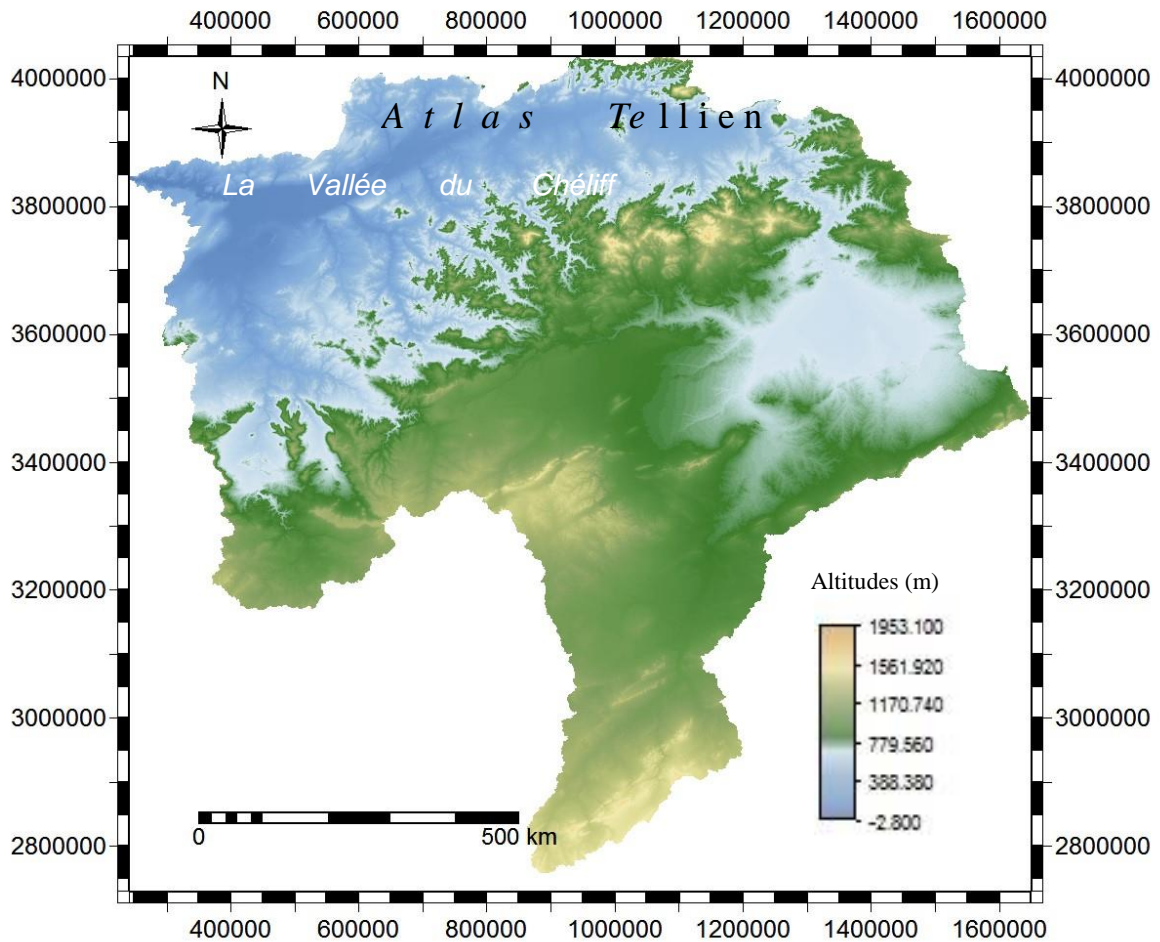


Figure 2 : situation de la zone d'étude

3.3 Réseau hydrographique

Le bassin Chélif résulte de la jonction de deux cours d'eau importants : l'Oued Touil et Nahr Ouassel, drainant respectivement une superficie de 16 338 km² et 3 651 km² et dont la confluence donne naissance à l'Oued Chélif (figure 3).

- L'oued Touil prend sa source dans l'Atlas saharien, près d'Aflou dans les monts de Djebel Ammour. Il traverse les hautes plaines de quatre wilayas successivement : Laghouat, Djelfa, Tiaret et Medea au barrage Boughzoul, avec une orientation SW-NE jusqu'à Chahbounia à Médéa pour confluer avec l'oued Nahr Ouassel qui coule en oblique vers le Nord-Est et traverse successivement (03) wilayas : Tiaret, Tissemsilt et Médéa.

- L'Oued Chélif résultant de jonction des deux grands cours d'eau précédents, prend d'abord une direction Sud-Nord et franchit la chaîne de Médea (Boughari). Ensuite, suivant une orientation SE-NW il traverse le massif de Gantass, et enfin il coule on oblique de l'Est à l'Ouest, traversant ainsi successivement (04) wilayas : Ain Defla, Chlef, Relizane et Mostaganem, jusqu'à son embouchure dans une large vallée vers la mer méditerranée. Sur la majeure partie de son cours d'eau, il serpente au fond d'une vallée parallèle à la mer bordée au sud par le massif des Ouarsenis et au nord par la chaîne côtière des monts du Dahra et du Zaccar. De Boughzoul à l'embouchure du Chélif, la distance en ligne droite est d'environ 250 km et la dénivellation à peu près 625 m. Durant tout ce parcours, l'Oued Chélif ne reçoit pas d'affluents importants sur sa rive droite sauf l'Oued Ebda et l'Oued Ras Ouahrane, mais sur sa rive gauche, il collecte les eaux de l'Oued Deurdeur, Harreza, Rouina Zeddine, Fodda, Sly, Rhiou, Djediouia et l'affluent important plus au Ouest : Oued Mina qui suit une direction Sud-Nord.
- Les cours d'eau du massif Côtier du Dahra, qui s'étend sur une centaine de kilomètres d'Est en Ouest et sur une trentaine de kilomètres de large, sont orientés Sud-Nord vers la méditerranée et sont très courts et présentent une forte pente (Oued Damous, Allala, Tarzoult et Kramis). De cet ensemble, il est possible de délimiter trois grandes parties du bassin :
 - 1- Le bassin Chélif à l'amont du barrage Boughzoul : correspondant à l'Oued Touil et Nahr Ouassel ainsi que le bassin du Zahrez.
 - 2- Le bassin Chélif à l'aval du barrage Boughzoul : formé par l'Oued Chélif et ses affluents jusqu'à son embouchure.
 - 3- Le bassin Côtier-Dahra : correspondant de l'Ouest à l'Est aux Oueds de Kramis, Allala et Damous. (Mehaiguene,2005).

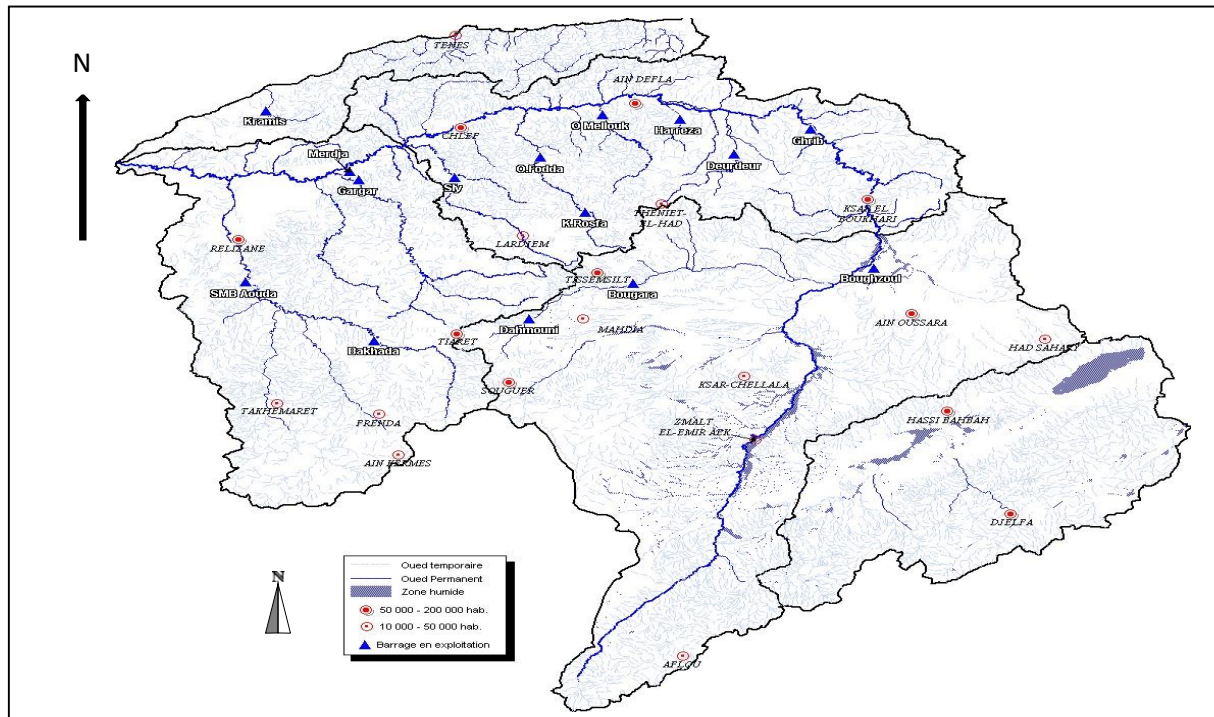


Figure 3 : Réseau Hydrographique du bassin Chéliff-Zahrez (Mehaiguen , 2005)

4. Caractéristiques géologiques :

La géologie fait partie des caractéristiques les plus décisives du réseau de drainage, de la capacité de stockage de ses couches phréatiques et des processus érosifs qui s'y déroulent, et elle est déterminante des conditions et des caractéristiques du territoire pour modéliser un bilan hydrique le plus précis possible du bassin.

Le bassin du haut Chéliff est situé dans le domaine du tell septentrional et correspond à un sillon intra montagneux subsidant, localisé entre le massif de boumaad et le contrefort de louersnis (Messelmi 2005) du point de vue litho stratigraphique, la dépression du haut chéliff est constituée dans son ensemble par des terrains d'âge mioplio-quaternaire.

Les terrains quaternaires sont essentiellement représentés par des dépôts alluvionnaires de l'oued chéliff la dépression du haut chéliff est constitué essentiellement d'alluvions récentes d'âge mioplio-quaternaire d'une épaisseur moyenne environ 150m. on note des alluvions anciennes de nature très divers mais a fort pourcentage argileux en général. Enfin une carapace de tufs blanchâtre compact on pulvérulent et particulièrement développée au sud de la plaine.

5. Caractéristiques hydrogéologiques :

La recherche et l'exploitation des eaux souterraines est aussi ancienne que l'activité humaine. Mais l'hydrogéologie est née véritablement au XIXe siècle avec la géologie dont elle a bénéficié des progrès (ANBT, 2008).

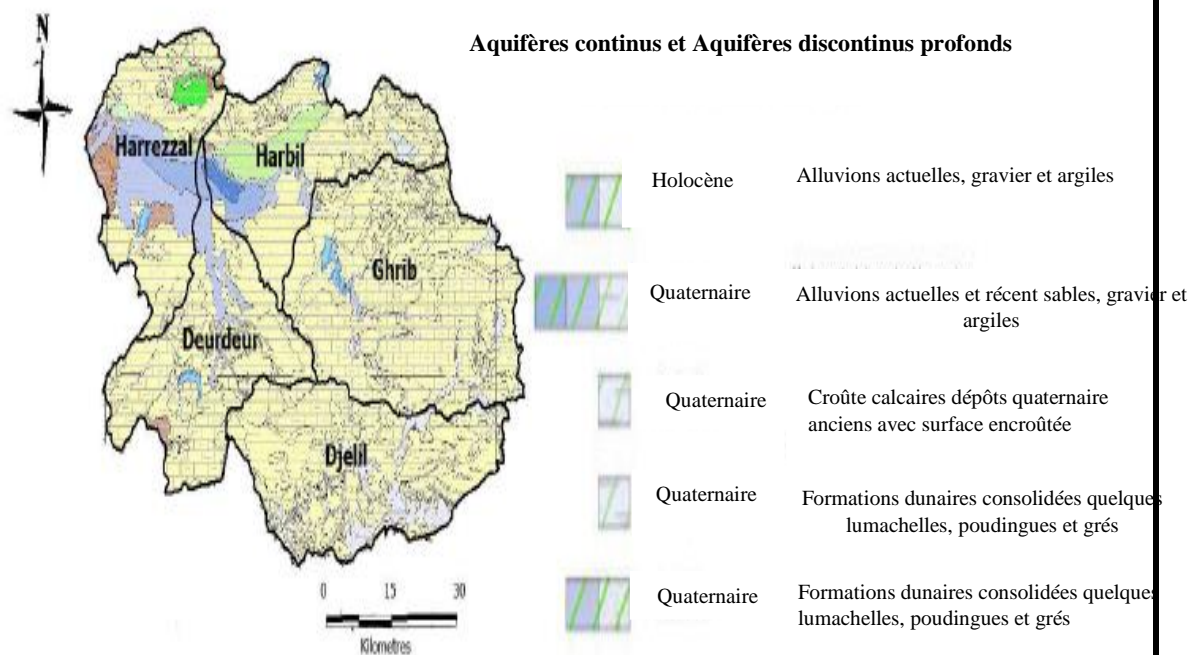


Figure 4 : carte hydrogéologique de la zone d'étude (source ANBT,2008)

La cartographie hydrologique donne quelques informations de la distribution spatiale des matériaux hydrogéologiques (ANBT,2008) de l'observation de cette carte on met en évidence l'existence de matériau de grande perméabilité concentré principalement sur le secteur méridional de la région, cohérente avec les petites valeurs de coefficient d'écoulement observées de cette aire. Les matériaux moins perméables se concentrent dans le secteur septentrional.il convient d'indiquer que l'étude des apports souterraines devrait être menée pour les bassins situés en amont et sans barrages et avec des débits (ou apport) journalier, afin de permettre d'obtenir une quantification plus précise de leur contribution à l'apport annuel (ANBT,2008).

6. Caractéristiques lithos stratigraphiques :

La stratigraphie de la zone d'étude est dominée par les matériaux paléozoïques avec différents degrés de métamorphisme, qui sont composés de mica schiste de gneiss, de grès et de quartzite. Sur ceux-ci, une puissante série de matériaux sédimentaires se développe. Les grands dépôts marins du cheliff se forment pendant le pliocène, tandis que les dépôts quaternaires sont d'origine continentale (ANRH,2007).

II. Barrage de Deurdeur

1. Situation géographique :

Le barrage de Deurdeur est situé sur l'oued Zemmour, affluent rive gauche de l'oued cheliff. Le barrage est situé dans la Wilaya de Ain Defla. L'agglomération la plus proche est la ville de El Khemis, située à une trentaine de kilomètres (ANBT,2008).

2. Description générale :

Le barrage de Deurdeur est un barrage en remblai dont la construction s'est étalée entre 1974 et 1985. La hauteur maximale au-dessus du talweg est de 56 mètres. La longueur en crête est de 380 mètres. La cote de la retenue normale est égale à 605,00 NGA. la cote de crête est de 612,00NGA (ANBT,2008).



Figure 5 : vue générale du barrage de Deurdeur (ANBT,2008)

Nom de Barrage	Deurdeur	Année de service	1985
Code	BG0106	X	462489
Code de subdivision	0116	Y	306366
Code de commune	4421	Type	Terre
Capacité initiale	115	Capacité totale	110,2

Tableau 1 : quelques caractéristiques du barrage de Deurdeur (Aouda, S.2011) :

- a) **Hydrologie des crues** : la superficie du bassin versant contrôlé par le barrage est de 468km². D'après la monographie établie par (B. COUBA), le débit de pointe de la crue de projet de période de retour 10000ans est de 4200m³/s l'hydrogramme de crues à un temps de montée de 8 heures, et une durée totale de l'ordre de 24h (Aouda, S.2011).

Pour la crue de projet, le niveau atteint par la retenue est de 610,00 est le débit maximal évacué de 3600m³/s.il est indiqué par ailleurs dans la monographie que l'évacuateur a une capacité de 4200m³/s sous la cote de crête de la digue (ANBT,2008)

- b) **Conditions géologiques** : dans la zone du site, les formations rencontrées sont des marnes et de grès, ainsi que de dépôts alluviaux en fond de la vallée. La digue est fondée sur des grès durs en rive droite, des marno-calcaires et des marnes en fond de vallée et enfin des alternances marno-calcaire en rive gauche (ANBT2008).
- c) **Digue** : la digue est un remblai à noyau central constitué de limons argileux. Le volume total de matériaux constituant la digue principale est de 1500000m³ la cote de crête est fixée à612,00NGA.
- d) **Capacité de la retenue** : la figure indique la courbe hauteur-capacité de la retenue. Elle correspond au dernier levé bathymétrique effectué par hydro-dragage en 2005.

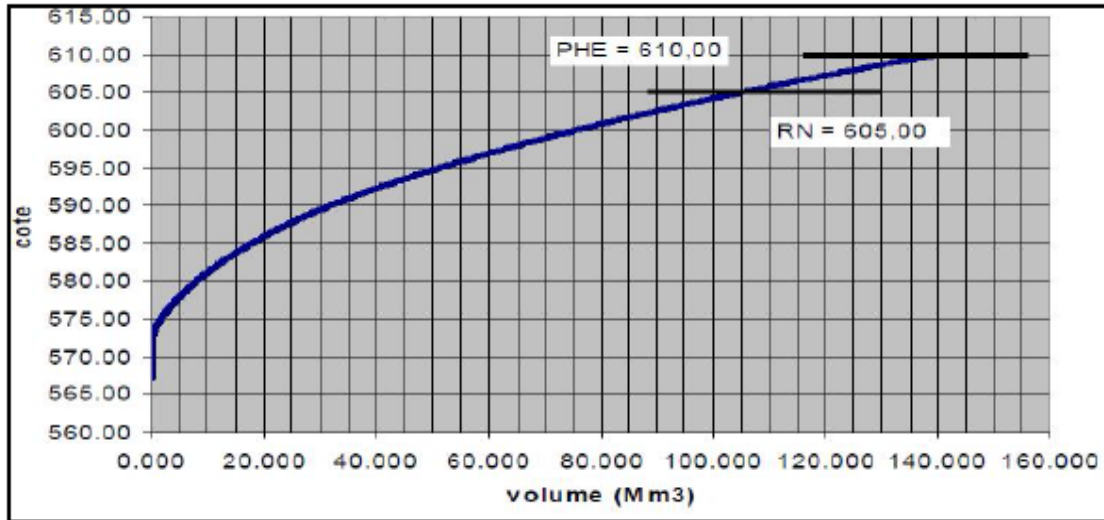


Figure 6 : Deurdeur courbe hauteur capacité

Sous la cote de retenue normale, la capacité actuelle est de $105,12\text{m}^3$. Sous la cote théorique de PHE, la capacité est de $140,02\text{m}^3$.

e) Objectifs de gestion

- la destination initiale de ce barrage était de renforcer l'irrigation du périmètre du haut cheliff avec un volume affecté de $18\text{Hm}^3/\text{an}$. Durant la période 1987-2003, le barrage de Deurdeur a fait des lâchés pour l'irrigation du périmètre du haut cheliff avec un volume moyen de 27Hm^3 , soit une superficie moyenne irriguée de l'ordre de 1464ha.

-il dessert actuellement en première phase, l'alimentation en eau potable des deux localités Theniet El Had et youssoufia d'une population de 29 854 habitants à travers une adduction de 29km de long et cela depuis avril 2012.

- en somme, le volume total pour l'AEP du couloir Deurdeur –Theniet El Had –khemisti est de $18000\text{m}^3/\text{j}$ soit $6,56\text{Hm}^3/\text{an}$ (ABH 2007).

III. Synthèse climatique du bassin versant du Cheliff

A l'instar des autres bassins de l'Algérie, le bassin Cheliff, est soumis à l'influence conjuguée de la mer, du relief et de l'altitude, présente un climat de type méditerranéen extra tropical tempéré. Il est caractérisé par une longue période de sécheresse estivale variant de 3 à 4 mois sur le littoral, de 5 à 6 mois au niveau des Hautes Plaines. Les précipitations accusent une grande variabilité mensuelle et surtout annuelle. Cette variabilité est due à l'existence de gradients :

- un gradient longitudinal où la pluviosité augmente d'Ouest en Est (300 mm/an à l'Ouest plus de 500 mm/an à l'Est), Bassin Cheliff 117.
- un gradient latitudinal où les précipitations moyennes annuelles varient de 100 mm dans la région des Haut plateaux à plus de 900 mm au Nord. Cette diminution, du littoral vers les hauts plateaux, est due à la grande distance traversée par les dépressions qui doivent affronter sur leur parcours le long de la chaîne de l'Atlas,
- un gradient altitudinal universel qui varie en fonction de l'éloignement de la mer.

1. Analyse des tendances dans les séries pluviométriques

L'analyse des chroniques brutes montre que l'année la plus sèche a été observée en 1990 à la station de Rechaiga (116 mm) située dans la région amont Boughezoul, dans le Haut et moyen Cheliff à la station de Zoubiria Mongorno avec (239 mm) en 1992 et dans le Bas Cheliff, en 1988 à la station d'El Hmadna (144,9 mm). L'année 1971-1972 est considérée comme la plus humide avec un total précipité de 494,5 mm à la station de Rechaiga, 932 mm à la station du Zoubiria Mongorno, 1109mm à la station de Sidi Medjahed et 617 mm à la station d'Ammi Moussa. Généralement, les mois les plus humides sont Novembre, Décembre, Janvier et Février. Par contre, les mois de Juillet et Août sont presque totalement secs.

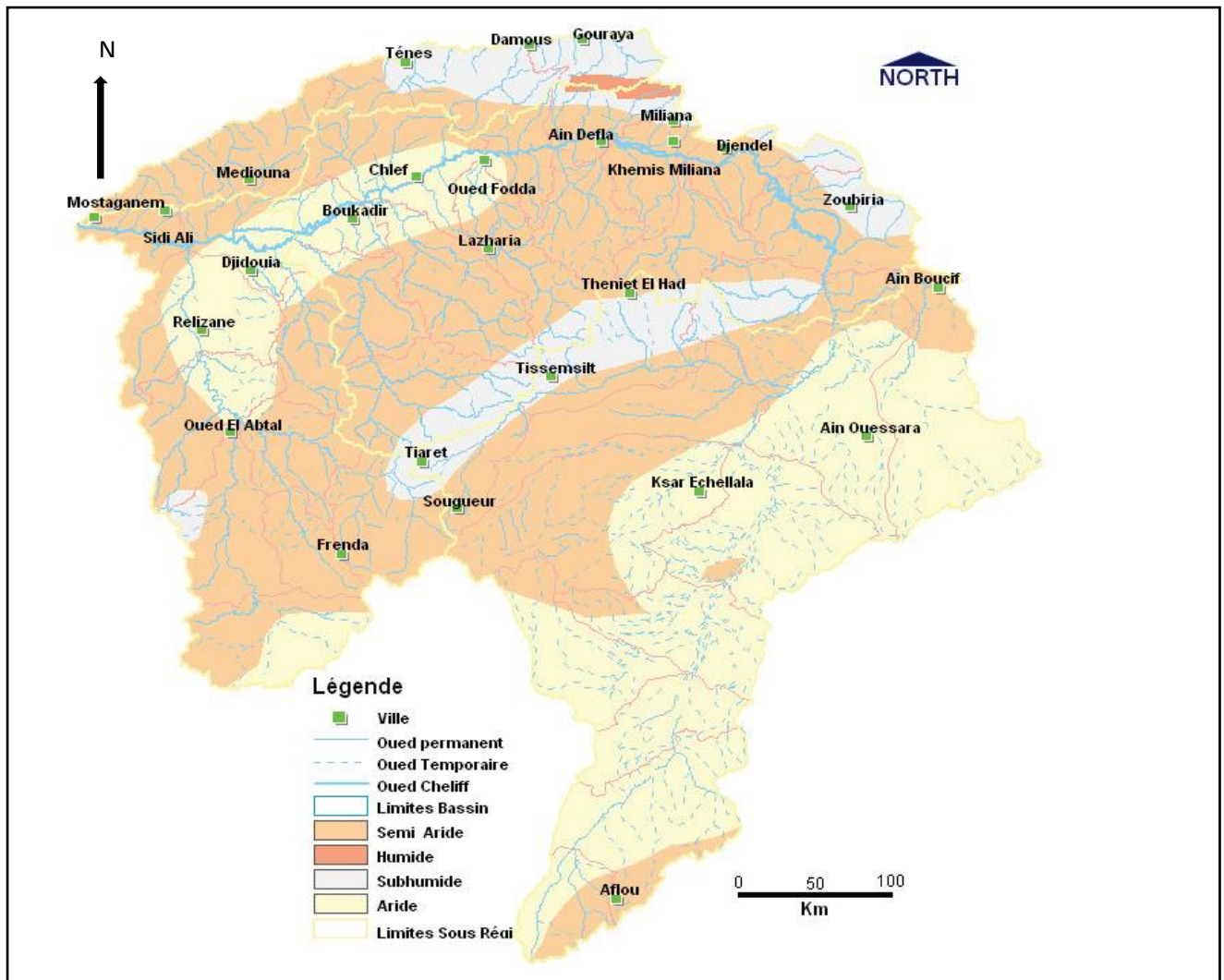


Figure 7 : carte des étages climatiques du bassin versant de chelf

Des périodes moyennes de 3 ans ; notamment 1980-1994 et 1998-2002, sont caractérisées par un déficit pluviométrique important enregistré dans les différentes stations. Ainsi, les pluies moyennes annuelles enregistrées sont aux dessous de la moyenne enregistrée durant la période 1961-2005. En étudiant des séries pluviométriques plus longues, on constate les mêmes tendances à savoir la 118 diminution des totaux pluviométriques annuels. La réduction a touché principalement les pluies d’hiver et du printemps qui constituent plus de 60 % de la pluviométrie annuelle. Sur ces chroniques des précipitations annuelles, une rupture est identifiée entre l’année 1976 et 1980, par le test de Pettit (Pettit, 1979), avec une tendance nette à la baisse de la pluviométrie avec une moyenne allant de 28 à 36 %. En hiver, la diminution des volumes précipités varie de 26 à 35 % dans le bassin du Chélif. Au printemps, la réduction de la pluviométrie oscille entre 24 et 36 % dans le même bassin.

2. Analyse des tendances des températures

Pour pouvoir analyser la tendance dans les séries de températures, il a été effectué une comparaison entre la moyenne de la période de référence (1961-1990) et la période 1991-2008. L'augmentation maximale est enregistrée au printemps, où on a 53 % d'accroissement durant la période allant de 1991 à 2008 par rapport à la période de référence 1961-1990. L'analyse des températures extrêmes montre également une évolution clairement marquée par une tendance à l'augmentation.

	<i>Moyenne T</i> (1961-1990) (°C)	<i>Moyenne T</i> (1991-2008) (°C)	<i>Augmentation %</i>
Annuel	18,9	19,5	3,4
Automne	20,2	20,6	2,1
Hiver	11,3	11,5	1,8
Printemps	16,5	17,4	5,3
Eté	27,6	28,7	4

Tableau 2 : moyennes de température à la station de cheliff

3. Sécheresse

Les études effectuées (Djellouli et Daget, 1993) ont montré que depuis 1881, le pays a subi deux périodes de sécheresse : la première a été observée de 1943 à 1948 et a eu une répercussion importante sur la récolte et le bétail ; la deuxième est celle observée depuis 1980. La méthode des chaînes de Markov a été appliquée pour étudier la persistance de la sécheresse.

A l'échelle annuelle : Les probabilités relatives à la prévision de la sécheresse sont regroupées dans le tableau.

Station	SS.	S. NS	NS. S	NS. NS
Ain Boucif	50,0	50,0	27,1	70,8
Bord El Amir Abdelkader	45,8	54,2	26,0	72,0
Sidi Medjahed	40,0	56,0	30,5	69,4
Oued Sly	61,5	38,5	20,8	77,1
Ain EL Hadid	58,6	41,4	26,7	71,1

Tableau 3 : probabilité issue du processus de Markov d'ordre 1

- Si une année est sèche, la probabilité pour qu'elle soit suivie d'une année sèche est plus importante dans le bas Chélif et la Mina.
- Si une année n'est pas sèche, la probabilité d'avoir une année sèche l'année suivante est faible partout.
- La probabilité d'avoir deux années successives non sèches est importante pour toutes les stations (variant de 69,4 % à 77,1 %).
- Si une année est sèche, la probabilité d'avoir une année non sèche l'année suivante est proche de la moyenne.

Automne : Pour l'ensemble des stations, et quelle que soit la nature de la saison d'automne de départ (sèche ou non sèche), la probabilité d'avoir un automne « sec » l'année suivante est partout plus faible que d'avoir un automne « non sec ». Les probabilités oscillent entre 26 à 45 %. Pour l'ensemble des stations, et quel que soit la nature de la saison d'automne du départ sec ou non sec, la probabilité d'avoir un automne non sec l'année suivante est importante et elle varie de 50 % à 75%. La probabilité d'avoir deux automnes successifs secs est moins de 50 %.

Hiver : Pour l'ensemble des stations et quelle que soit la nature de la saison d'hiver de départ (Sèche ou non sèche), la probabilité d'avoir un hiver « non sec » est partout plus ou moins élevée. Elle varie de 40 % à 70,5 %. La probabilité d'avoir deux hivers successifs secs est moyenne de l'ordre de 50 %. La probabilité d'avoir un hiver non sec suivi d'un hiver sec est faible.

Printemps : La probabilité d'avoir un printemps « non sec » est importante, elle varie de 55,2 % à 71,4 % et cela quelle que soit la nature de la saison du printemps de départ (sèche ou non sèche). La probabilité d'avoir deux printemps successifs secs est proche de la moyenne (38,7 % à 44,8 %). La probabilité d'avoir un printemps non sec suivi d'un printemps sec est faible.

4. Ressources en eau

4.1 Eaux superficielles

1. Barrages : il y a 25 barrages dans le bassin du Cheliff dont 16 en exploitation de capacité de 2 199,9 hm³. Le tableau ci-après renseigne sur l'état des réserves et la situation d'exploitation des barrages du Cheliff. Actuellement, deux barrages sont en construction, il s'agit de Kef-Eddir et du barrage du Cheliff (Système MAO) avec une capacité totale de 236 hm³. En plus,

il existe quatre barrages en projet avec une capacité de 204 hm³. L'état d'envasement des barrages en exploitation varie entre 3 et 63 % avec un taux d'envasement moyen de 25 %. Globalement les ressources en eau mobilisées (Volume régularisable total des barrages en exploitation au niveau de la région du Chéllif) sont évaluées à près de 554,60 hm³/an, (172,50 hm³/an destinées à l'AEP et 382,10 hm³/an pour l'irrigation) avec une capacité totale de 2 200hm³.

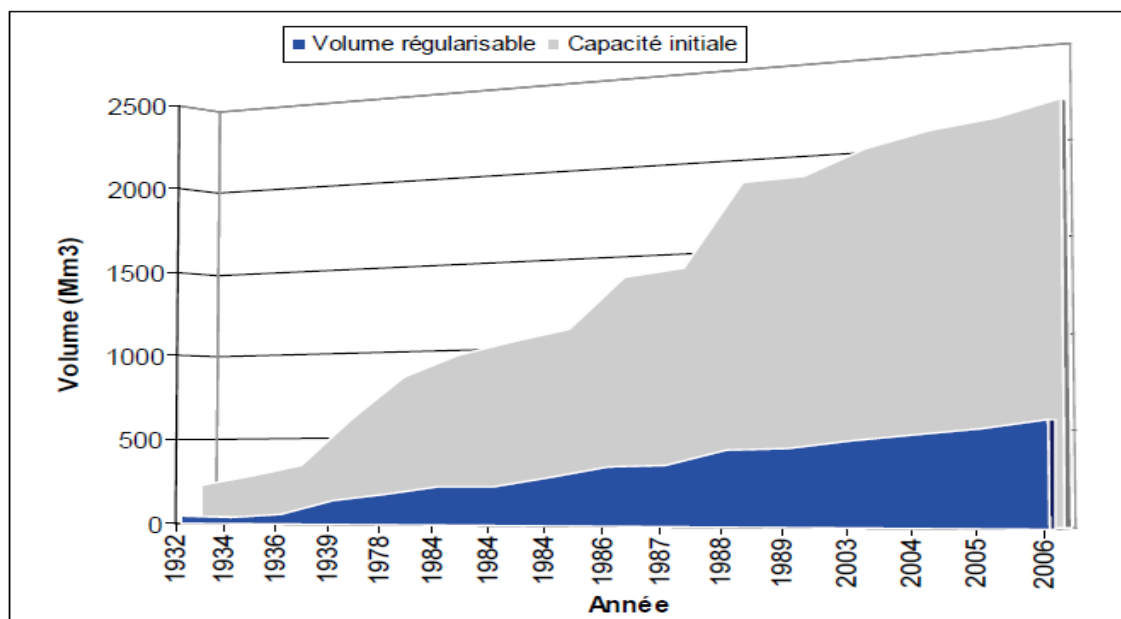


Figure 8 : évolution de la capacité de stockage d'eau de surface

Nom Barrage	Oued	Date de mise en service	Capacité totale (hm ³)	Volume à la date 02/11/05 (hm ³)	Volume à la date 23/10/06 (hm ³)	Volume à la date 31/10/06 (hm ³)	Taux de remplissage (%)
Kramis	Kramis		45.38	5.12	21.69	21.60	47,6
Boughezoul	Nahr Ouassel	1934	20.27	25.70	0	0	0
Ghrib	Cheliff	1939	115,32	28,44	23,19	22,73	19,7
Harreza	O. Harreza	1984	76,65	6,01	3,63	3,52	4,6
Deurdeur	Deurdeur	1985	105,12	18,68	22,21	21,36	20,3
Oued Mellouk	Rouina	2003	127	5,55	19,64	19,28	15,2
Oued Fodda	O.Fodda	1932	102,85	0,12	1,14	1,14	1,1
Koudiat Rosfa	Oued Fodda	2004	75	2,97	11,14	11,12	14,8
Sidi Yacoub	Lardjem	1986	252,85	12,90	30,17	29,79	11,8
C. Bougara	Nahr Ouassel	1990	11,32	3,39	3,34	3,27	28,9
Dahmouni	Nahr Ouassel	1987	39,52	11,41	15,04	15,04	38,1
Bakhadda	Mina	1936	39,94	8,82	8,22	8,06	20,2
S.M.B.Aouda	Mina	1978	153,71	27,94	19,37	18,97	12,3
Gargr	O.Rhiou	1988	358,28	10,18	26,68	25,91	7,2
Merdja.S.Abed	Cheliff	1984	47,97	0	5,55	5,01	10,4
S. M Bentaiba	Ebda	2005	75	0	44,56	44,00	58,7
Totale			1646,18	167,23	255,57	250,80	15,24

Tableau 4 : Etat des réserves des barrages en exploitation

4.2 Retenues collinaires

Il existe, dans le bassin du Cheliff Zahrez, 168 retenues collinaires destinées à l'irrigation des terres agricoles, dont 27 retenues seulement sont en exploitation. Les ressources en eau superficielles disponibles, par les retenues collinaires, sont de 28 hm³. Il est à noter que 80 % des retenues collinaires de la région sont envasées. Huit retenues sont en cours de construction d'une capacité de 9,57 hm³.

4.3 Prises

Elles sont au nombre de 8, dont 04 prises sont situées dans la wilaya de Chleff (Seuil de Ponteba, Portes de Fer, Boulefred et Prise de Boukader). La dérivation de Harbil dérive les eaux superficielles de l'Oued Harbil vers le barrage Bouroumi, situées dans la région hydrographique de l'Algérois Hodna Soumam. Le volume dérivé actuellement est de 13,4 hm³/an.

5. Eaux souterraines

Les ressources en eaux souterraines de la Région du Cheliff Zahrez ont été évaluées dans le cadre du Plan National de l'eau. Le nombre d'unités hydrogéologiques, dans la région, est de 42 unités dont les potentialités en eaux souterraines sont estimées à 298 hm³.

5.1 Ressources en eau souterraine des principales unités hydrogéologiques

Pour une lame d'eau moyenne de 346,5 mm précipités à l'échelle du bassin du Cheliff, soit un volume d'eau de 16 381,9 hm³, les potentialités en eau souterraines sont estimées à 299 hm³/an, réparties sur les différents aquifères du bassin du Cheliff. Le tableau suivant montre les potentialités en eau souterraine des bassins versants en 1998 (PNE, 1998).

Sous Région	Surface (km ²)	Infiltration mm ³ /an	Ressource disponible mm ³ /an
Cheliff en Amont de Boughezoul	19 509	297,01	151,88
Haut et moyen Cheliff	13 926,2	263,61	81,37
Bas Cheliff et la Mina	10 144	254,61	60,73
Côtier	3 201	54,77	5,01
Total	46 780	870	299

Tableau 5 : ressource en eau souterraine pour la période (1961-1990)

Bassin versant	Potentialité (m ³ /an)
Côtier Dahra	4,74
Cheliff (Aval Boughezoul)	75,34
Cheliff (Aval Boughezoul)	57,57
Cheliff (Amont Boughezoul)	123,52
Zahrez	36,39
Total	297,56

Tableau 6 : Unité hydrogéologique par bassin versant (PNE,1998)

5.2 Evolution des niveaux des nappes

La surexploitation des eaux des nappes du bassin du Chélif a commencé après que la baisse de la pluviométrie dès 1975, ce qui a entraîné, en conséquence, une diminution des apports aux barrages.

Le phénomène de la baisse des précipitations traduit le déséquilibre entre le volume d'eau qui alimente les aquifères du Chélif et les volumes prélevés. Le nombre total de puits et de forages n'a cessé d'augmenter et entraîne une évolution de la quantité d'eau mobilisée. Elle est passée de 3,75

Mm³ en 1970 à 110,7 Mm³ en 2005 dans le haut et le moyen Chélif.

6. Plaine du Haut Cheliff

Sous les limons et en profondeur se trouvent les alluvions grossières en plusieurs horizons. Elles sont bien développées entre Djendel et Ain Defla. Cette nappe est profonde du Quaternaire du

Cheliff et occupe une superficie de 376 km². La potentialité en eau de cette nappe est estimée à 16hm³/an (selon la méthode pluie/infiltration, pour la période de référence de 1961-1990). Le piézomètre W084-14, situé dans le Haut Chélif, capte les formations alluvionnaires du quaternaire.

La surface piézométrique de la nappe a baissé de 0,8 m entre 1998 et 2001. Cette baisse, très marquée, est le résultat de l'effet conjugué de la sécheresse et de l'exploitation excessive des eaux de la nappe. A partir de 1994, une légère remontée d'environ 0,2 m est liée à des pluies importantes qu'a connu la région durant cette période. Le piézomètre W084-129, situé dans l'aquifère alluvionnaire, couvre la période de 1988 à 2006. Entre 1991 et 1993, le niveau de la nappe a accusé une baisse de 0,5 m due à la succession d'années déficitaires, induisant une utilisation plus forte des eaux de la nappe. Cette baisse du niveau de la nappe a continué progressivement jusqu'à 2001. En 2004 et 2005, le niveau de la nappe a remonté d'environ 0,6m.

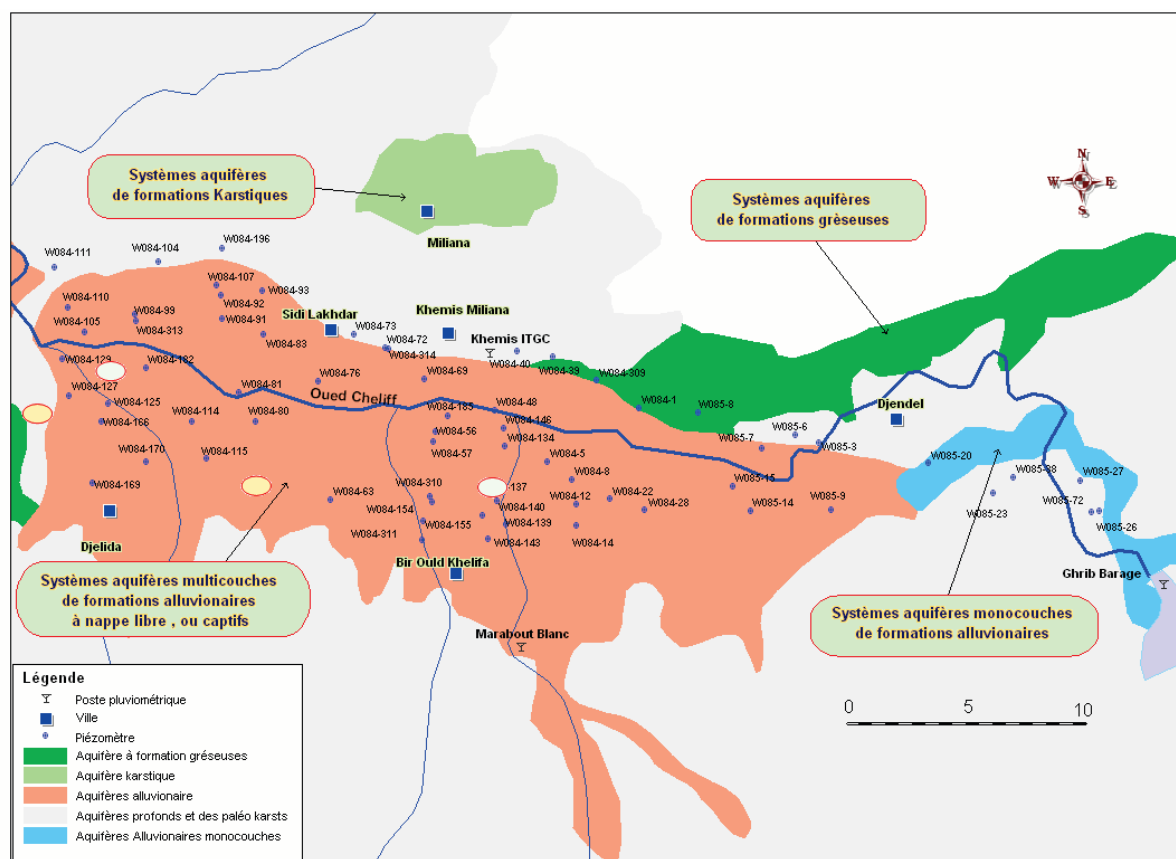


Figure 9 : Inventaire du réseau piézométrique de la plaine du Haut Cheliff

IV. Synthèse géomorphologique

1. Géomorphologie

La vallée du Chélif est constituée par une succession de bassins de sédimentation d'allure synclinale (ABH-CZ, 2004a, b). Les formations géologiques sont vigoureusement relevées au nord, alors qu'elles ne présentent qu'un léger pendage au sud (ABH-CZ, 2004a).

Entre deux bassins se trouve un seuil que le Chélif a dû forcer pour passer.

Il est admis l'existence de trois unités morphologiques :

- le lit majeur du Chélif,
- les piedmonts des bordures nord et sud,
- les niveaux de terrasses.

La vallée du Chélif est caractérisée par des sols d'apport colluvial et surtout alluvial. La pédogenèse est très marquée par des phénomènes d'hydromorphie, d'halomorphie, de tirsification et de rubéfaction qui sont liés aux propriétés morphologiques.

Dans le périmètre du Haut Chélif, il est possible de distinguer trois principaux types de sols :

- les sols alluviaux sableux de la terrasse moderne du Chélif, qui sont peu évolués, profonds et perméables.
- les sols alluviaux de texture limoneuse de la terrasse récente du Cheliff, qui sont faiblement argileux.
- les sols des terrasses anciennes, qui sont rouges sur tuf ou sur croûte décalcifiée en surface.

La structure tectonique joue un rôle prépondérant dans la morphologie de cette région (Berrouaghia). A l'allochtone correspond des sommets élevés mais au relief assez mou et à l'architecture anarchique. Par contre, à l'autochtone Crétacé correspondent des reliefs orientés de l'est vers l'ouest, parallèles aux axes et replis tectoniques. Cet ensemble est dominé par la terminaison occidentale des Bibans dont la masse de flysch culmine à 1.249 m. Seule la vallée de l'Oued El Akoum est orientée du nord c vers le sud, constituant une excellente voie de passage pour la grande route Alger-Laghouat. A l'est de Berrouaghia, une dépression topographique correspondant aux marnes du Crétacé supérieur sépare les Bibans de la zone sud-tellienne, et facilite les communications en direction de l'est (FICHEUR, 1902 ; ABH-CZ, 2004a, b).

Le quaternaire est assez réduit. Outre quelques placages d'éboulis sur les pentes, il est constitué essentiellement de remplissage d'alluvions plus ou moins fins dans les lits des oueds, avec localement des restes de terrasses plus anciennes témoignant d'une reprise de l'érosion actuelle. Le Miocène affleurant dans la partie septentrionale de la feuille, constitue la bordure méridionale du grand bassin de Médéa, qui se prolonge à l'ouest par le bassin du Chélif et à l'est vers Bouira. Une série oligocène de même faciès que celle connue plus à l'est sur la feuille Souagui au Draâ el Mensdjel, où l'on observe sur plusieurs centaines de mètres des grès grossiers à huîtres, des marnes sableuses grises et des calcaires détritiques, attribués à l'Oligocène (FICHEUR, 1902 ; ABH-CZ, 2004a).

Au niveau du Sénonien autochtone, il est distingué du bas vers le haut (FICHEUR, 1902 ; B.R.P. et al., 1959) :

- une épaisse série de 460 m de marnes grés bleuté, à petites intercalations calcaires (calcaires Sub-lithographique brun-clair et calcaire argileux gris) avec au milieu de la série, une passée de 70 m de marnes grises à boudins et miches calcaires abondants ; les marnes sont ferrugineuses au-dessus de cette passée.

- une Cuesta de calcaire bien lité, gris calcaire dont l'épaisseur varie de 8 à 15 m du sud vers le nord est situé au niveau des calcaires organogènes à Bryozoaires.
- gros bancs massifs de calcaires gris-clair à pâte fine, et avec à la base de rares niveaux marneux à débit schisteux.

2. Etude du Relief

Le bassin versant du Cheliff occupe une portion de l'Algérie dont l'orographie est à la fois simple et typique. Des chaînes montagneuses, parallèles à la côte, séparées par les zones déprimées ou par de hautes plaines, Ce bassin comporte une cuvette en succession et en parallèle du nord-sud inter-tellienne, constitue les Hauts plateaux. Amont de Mohammedia, bassin de la Mina, que draine les eaux du plateau de Frennda et Cheliff celle de Sers ou à travers Nahar Ouassel, les sous bassins de la rive droite et gauche du principal affluent de l'Oued Cheliff qui possède le cours d'eau le plus long et le débit la plus grand (ABH,2004).

3. Importation de fichier MNT

Il faut tout d'abord sélectionner les données à importer (MNT_Cheliff) géo-référencé selon les informations citées par avant dans logiciel ILWIS.

3.1 Hydrotraitement du MNT (MNT Hydro-processing)

Le traitement du fichier MNT est fait par un ensemble de tâches structurées comme suit :

3.1.1 Visualisation MNT (MNT visualization)

La visualisation MNT crée un composite couleur pour un MNT. Tout d'abord, trois cartes d'ombre sont créées par le script, en utilisant trois filtres d'ombre différents. (Manuel d'utilisation ILWIS 3.31 Academic,2007)

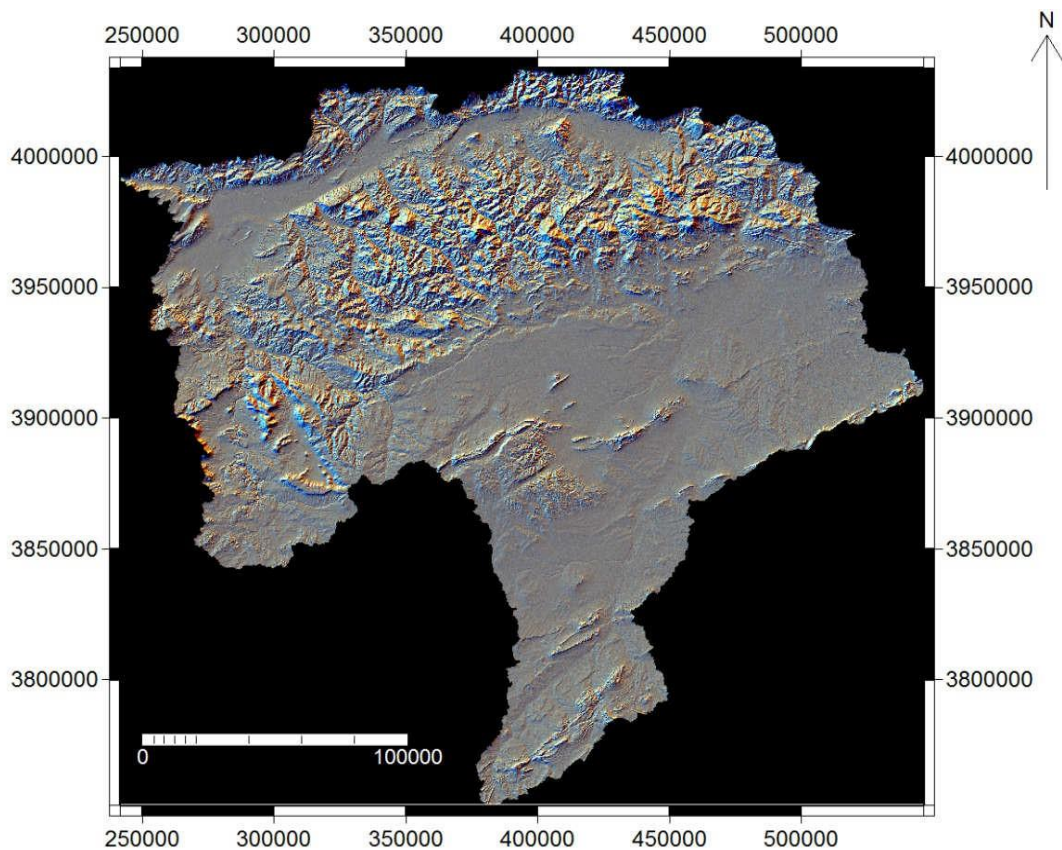


Figure 10 : Visualisation du MNT de BV Chélif

3.2 Détermination du débit (Flow Determination)

3.2.1 Correction du MNT (Fill Sinks)

L'opération correction MNT supprime les dépressions locales (de pixels uniques et de plusieurs pixels) d'un MNT en remplaçant ces dépressions locales par des zones plates dans le MNT en sortie.

- La carte d'entrée est censée être un (MNT).
- Carte raster en sortie : une carte raster qui contiendra des valeurs de hauteur sans dépressions locales. (Manuel d'utilisation ILWIS 3.31 Academic,2007)

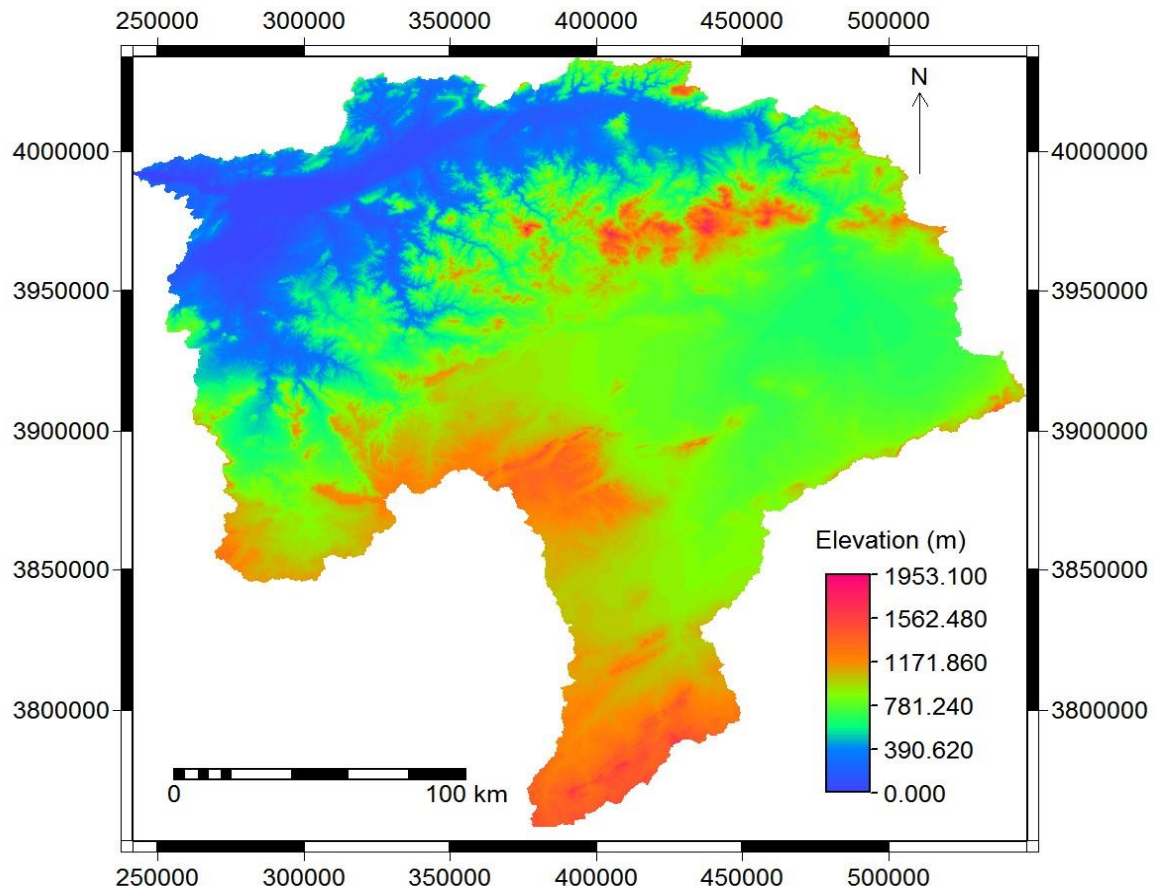


Figure 11 : Carte du MNT de BV Chélif après la correction (fill_sinks)

3.2.2 Sens de l'écoulement (Flow direction)

L'opération de direction d'écoulement détermine dans quel pixel voisin l'eau dans un pixel central va circuler naturellement. La direction du flux est calculée pour chaque pixel central dans des blocs d'entrée de 3 x 3 pixels, en comparant chaque fois la valeur du pixel central avec la valeur de ses 8 pixels voisins. La carte de sortie contient des directions d'écoulement comme N (au nord), NE (au nord-est), etc.

- La carte d'entrée est supposée être un (MNT) sans dépressions.
- Carte raster en sortie : une carte raster qui contiendra les directions du flux. (Manuel d'utilisation ILWIS 3.31 Academic, 2007).

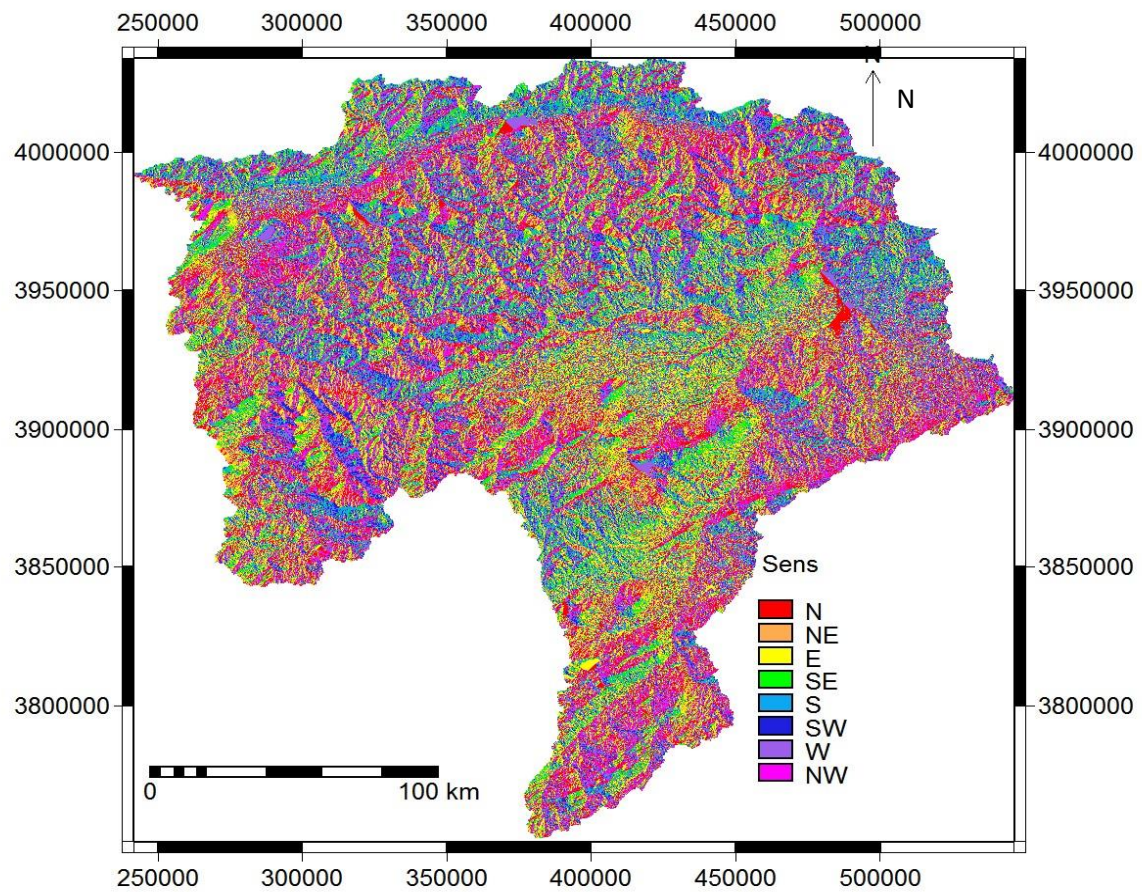


Figure 12 : Carte du sens d'écoulement du BV Chélif (flow_direction)

3.2.3 L'accumulation de flux (Flow accumulation)

L'opération d'accumulation de flux effectue un comptage cumulatif du nombre de pixels qui se drainent naturellement dans les prises. L'opération peut être utilisée pour trouver le modèle de drainage d'un terrain.

- En entrée, l'opération utilise la carte de sortie de l'opération de direction du flux

La carte de sortie contient des valeurs de débit hydrologique cumulatif qui représentent le nombre de pixels d'entrée qui apportent de l'eau aux sorties. (Manuel d'utilisation ILWIS 3.31 Academic,2007)

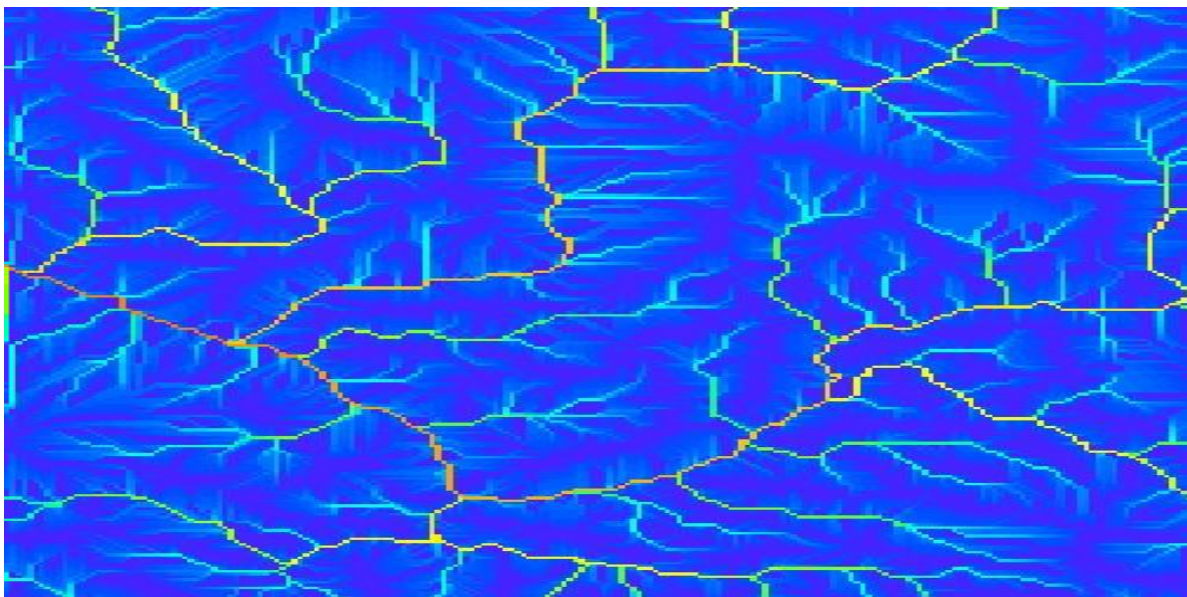


Figure 13 Extrait de la carte d'accumulation de flux (flow_accumulation)

3.3 Réseau de drainage et extraction des sous bassins versants (Network and Catchment extraction)

3.3.1 Extraction du réseau de drainage (Drainage network extraction)

L'opération d'extraction du réseau de drainage extrait un réseau de drainage de base (carte matricielle booléenne).

- En entrée, l'opération utilise une carte raster qui est la sortie d'une opération d'accumulation de flux précédente.

La notion de seuil du flux : C'est une valeur pour le nombre minimum de pixels qui doit être drainé dans un pixel examiné pour ajouter ce pixel au réseau de drainage de sortie.

- Les pixels de la carte d'accumulation de flux ayant une valeur > seuil de flux recevront la valeur Vrais dans la carte du réseau de drainage de sortie.
- Les pixels de la carte d'accumulation de flux ayant une valeur < seuil de flux recevront la valeur Faux dans la carte du réseau de drainage de sortie.
- Carte raster en sortie : une carte raster en sortie qui contiendra le réseau de drainage extrait. (Manuel d'utilisation ILWIS 3.31 Academic,2007)

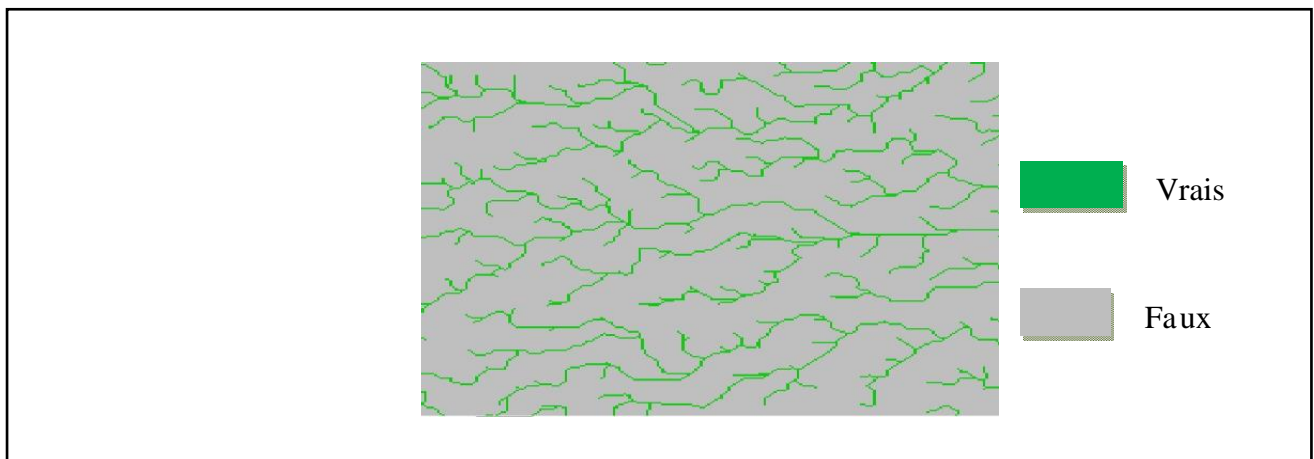


Figure 14 Extrait de la carte d'extraction du réseau de drainage (drainage network extraction)

3.3.2 L'affectation des ordres de Strahler dans le réseau de drainage (Drainage network ordering)

L'opération trouve des flux individuels dans un réseau de drainage et attribue un identifiant unique à chaque flux. L'opération délivre une carte raster en sortie, une carte de segment de sortie et une table d'attributs de sortie.

La table attributaire contient des informations sur chaque flux, telles que : l'ordre et la classe de Strahler, l'ordre et la classe de Shreve, la longueur du cours d'eau, calculée le long du drainage, les valeurs de pente en degrés et en pourcentages, et l'altitude, la sinuosité du chemin de drainage comme mesure de méandres, longueur de drainage totale en amont, c'est-à-dire la longueur totale des cours d'eau qui s'écoulent dans le courant, etc.

- Entrées MNT :

- 1- Une carte raster qui contient des valeurs de hauteur, c'est-à-dire un modèle numérique de terrain (MNT).
- 2- Carte de direction de flux : une carte raster qui est la sortie d'une opération de direction de flux précédente.
- 3- Carte du réseau de drainage : une carte raster qui est la sortie d'une opération précédente d'extraction du réseau de drainage.

La notion de longueur minimale de drainage : c'est une valeur pour la longueur minimale (m) qu'un ruisseau doit avoir pour rester dans le réseau de drainage. En choisissant une plus grande valeur, moins de flux resteront dans le réseau de drainage ; cela accélérera l'opération.

- Les sorties : une carte raster, une carte de segment qui contiendra les flux numérotés de façon unique et une table attributaire de sortie. (Manuel d'utilisation ILWIS 3.31 Academic,2007)
- Dans notre travail, on a fixé les paramètres (1 pixel, 8000) pour élaborer la carte de drainage.

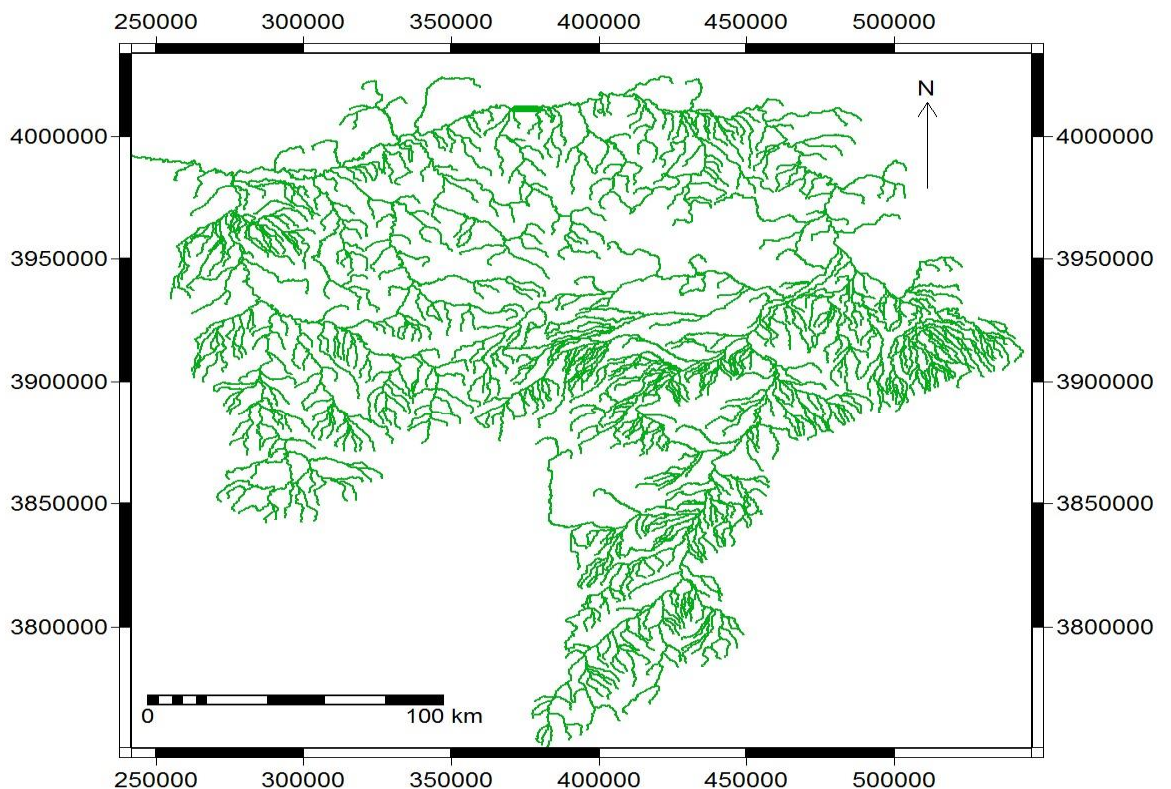


Figure 15 : Carte d'affectation des ordres de Strahler dans le réseau de drainage du BV Chélif (Drainage network ordering)

3.3.3 Extraction des sous bassins versants (Catchment extraction)

L'opération d'extraction du bassin versant construit des sous bassins versants ; un sous bassin versant sera calculé pour chaque cours d'eau trouvé dans la carte de sortie de l'opération de commande du réseau de drainage, l'opération délivre une carte raster en sortie, une carte de polygones en sortie et une table attributaire en sortie.

Le tableau des attributs contient des informations sur chaque sous bassin, telles que : Zone et périmètre du sous bassin versant, superficie totale en amont..., etc.

- Entrées MNT :
 - 1- Carte de commande du réseau de drainage : une carte raster qui est la sortie d'une opération précédente de l'affectation des ordres de Strahler dans le réseau de drainage.
 - 2- Carte de direction de flux : une carte raster qui est la sortie d'une opération de direction de flux précédente.
- Les sorties : une carte raster, une carte en polygone qui contiendra les captages numérotés de façon unique et la table attributaire de sortie. (Manuel d'utilisation ILWIS 3.31 Academic,2007).

Dans notre travail 256 sous bassins versants sont tirés à partir du Bassin Chélif (voir figure)

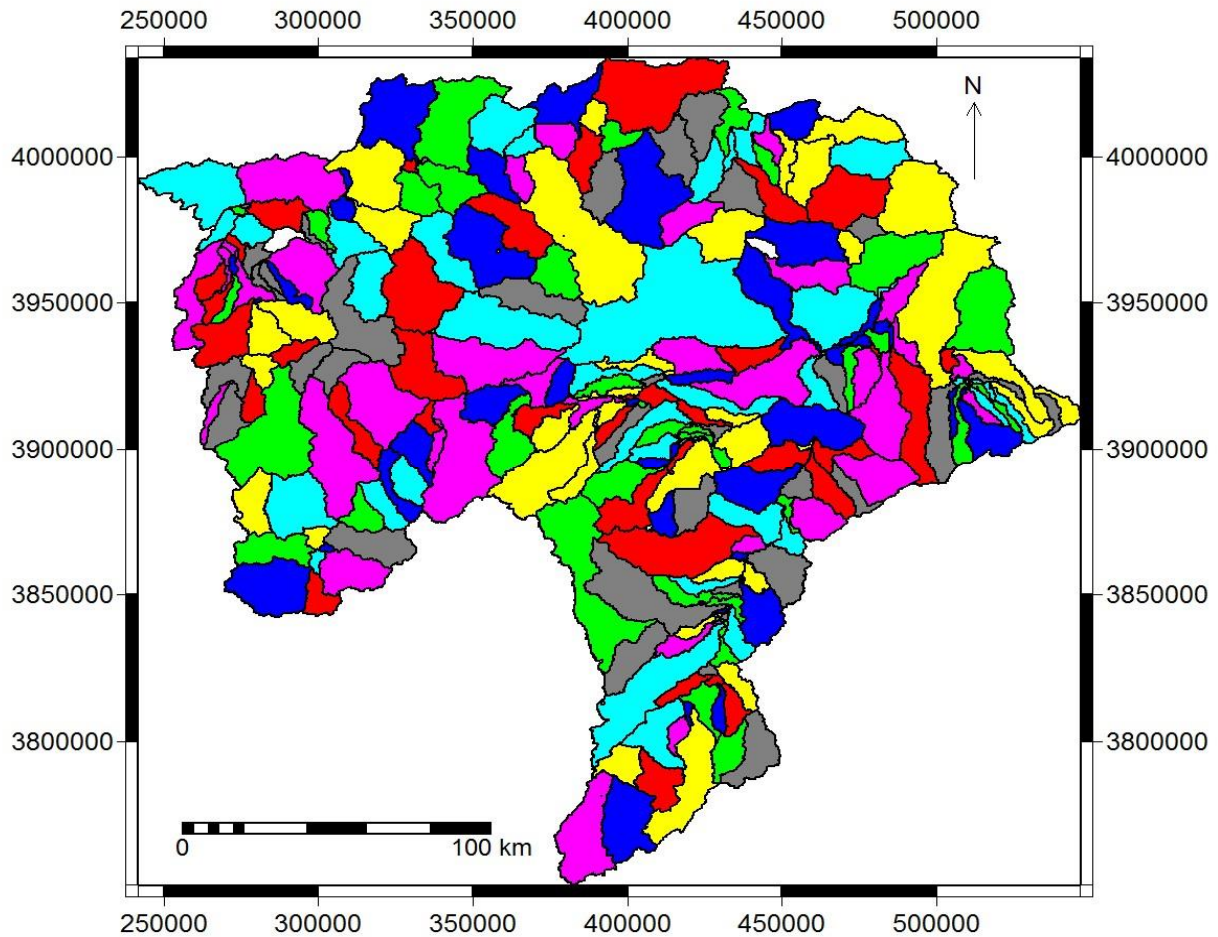


Figure 16 : Extraction des SBV du bassin Chélif (Catchment extraction)

3.3.4 Assemblage des sous bassins versants (Catchment merge)

L'opération d'assemblage des sous bassins est capable d'assembler les sous bassins adjacents trouvés par la précédente opération d'extraction des sous bassins versants. En fait, de nouveaux bassins versants seront créés sur la base de la carte de sortie du réseau de drainage et de sa table d'attributs.

Il existe deux manières d'assemblage des sous bassins versants :

- 1-en spécifiant une carte de points qui contient l'emplacement des exutoires dans le total du bassin Chélif ; tous les bassins versants adjacents qui s'écouleront dans un tel exutoire seront fusionnés,
- 2-en spécifiant simplement une valeur d'ordre Strahler ou Shreve: tous les sous bassins adjacents ayant cette valeur d'ordre Strahler ou Shreve (ou une valeur inférieure) seront fusionnés.

L'opération délivre une carte raster, une carte de polygones et une table attributaire en sortie.

En option, on va obtenir :

-une carte de segment (et une table d'attributs) contenant les plus longs chemins d'écoulement par nouveau bassin versant,
-une table d'ordonnancement de segments et une table d'attributs, qui ne contiennent que les flux de segments dans les nouveaux bassins versants ; les autres flux n'apparaîtront plus ; La sortie est similaire à la table de segments et à la table attributaire de l'opération Commande de réseau de drainage (Drainage Network Ordering).

➤ Entrées MNT :

1- Carte de commande du réseau de drainage : une carte raster qui est la sortie d'une opération précédente de l'affectation des ordres de Strahler dans le réseau de drainage.

2- Carte de direction de flux : une carte raster qui est la sortie d'une opération de direction de flux précédente.

3- Carte d'accumulation de flux : une carte raster qui est la sortie d'une opération d'accumulation de flux précédente.

4- Utilisant les emplacements de l'exutoires : par une carte de points contenant un ou plusieurs points (exutoires) pour fusionner tous les sous bassins versants des drainages qui se déversent dans un tel point dans un bassin versant plus grand. En utilisant plusieurs points, un certain nombre de sous-bassins sont fusionnés en plusieurs plus grands.

5- Utilisant les commandes de flux : cette option est simplement sur les valeurs de la commande de flux en fonction duquel les sous bassins doivent être. Les valeurs de l'ordre Strahler et Shreve se trouvent dans la table attributaire de la carte d'entrée de commande de réseau.

□ Les sorties : une carte raster, une carte en polygone qui contiendra les captages numérotés de façon unique et la table attributaire de sortie. (Manuel d'utilisation ILWIS 3.31 Academic,2007).

Dans notre travail, on a utilisé la localisation des exutoires pour l'assemblage des sous bassins adjacents (voir ANNEXE I)

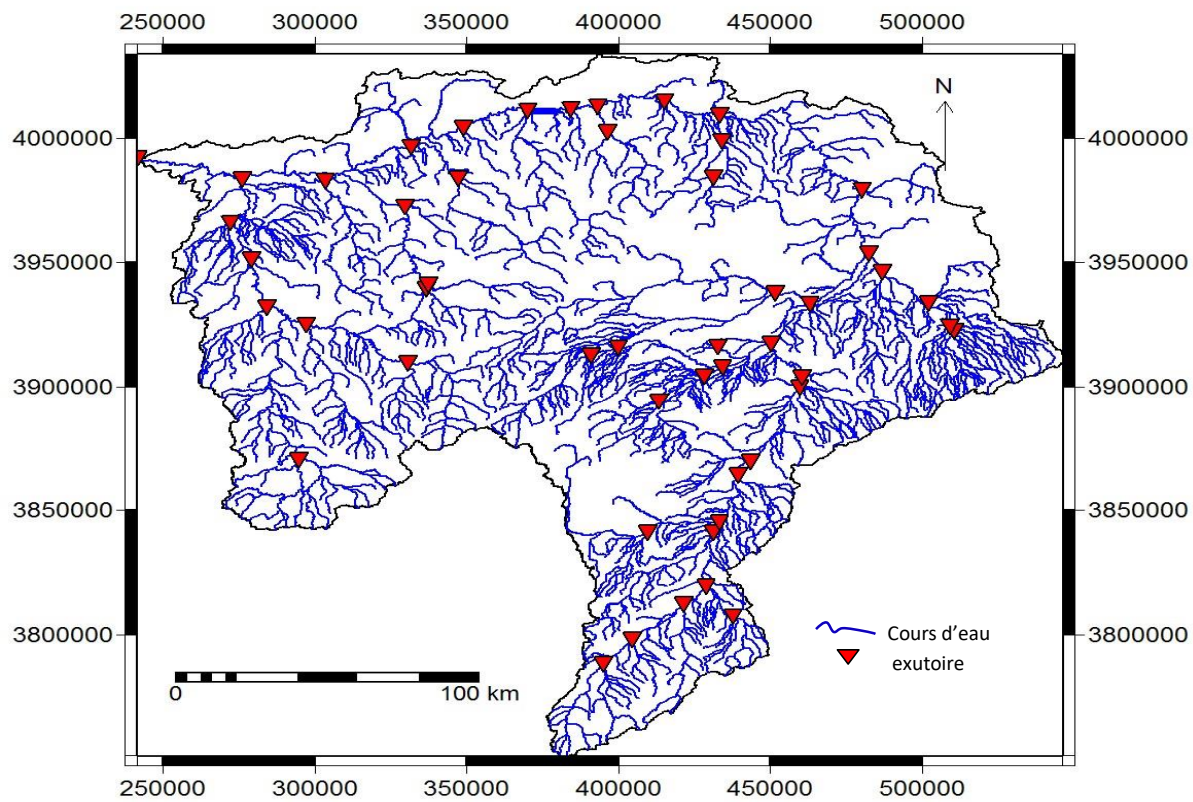


Figure 17 : Localisation des exutoires du BV Chélif

Par la fin, On a assemblé les 256 sous bassins versant en 49 sous bassin seulement

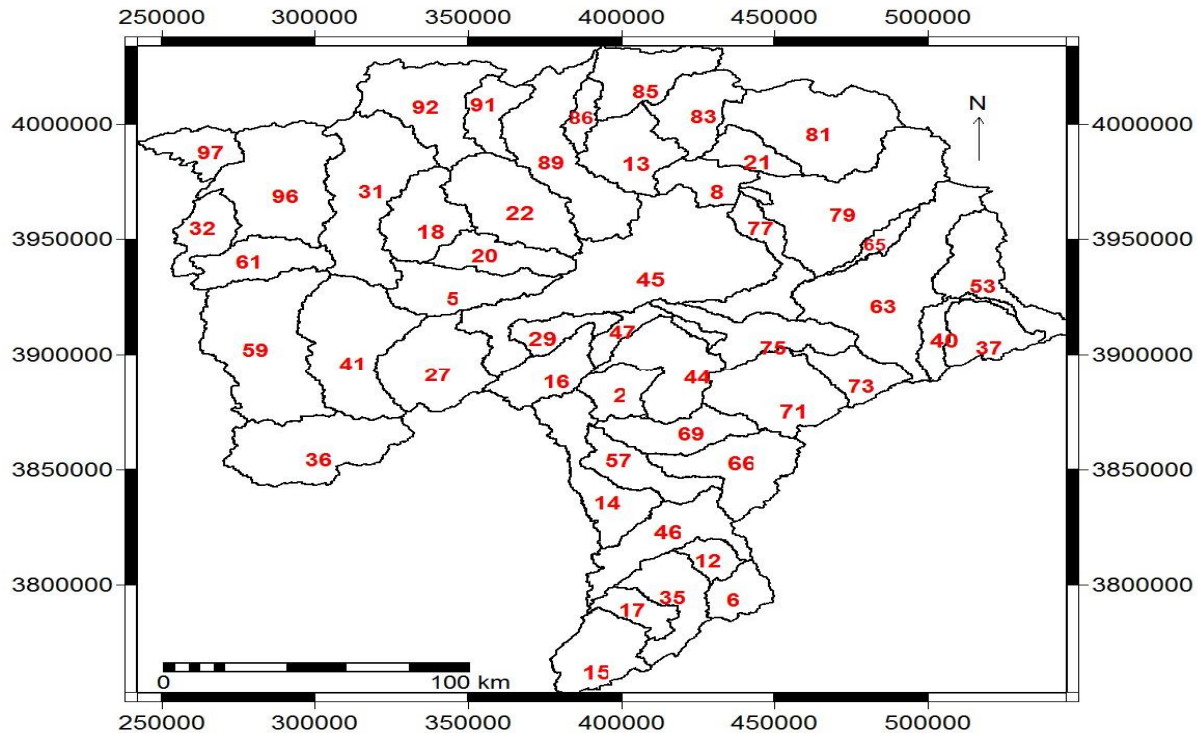


Figure 18 : Assemblage des SBV du bassin Chéouf (Catchment merge) (les chiffres représentent l'identifiant « Id » de chaque SBV)

3.3.5 Extraction du MNT pour chaque SBV

Les résultats de traitement du MNT associé au Bassin Chéouf (43750km²) a permis de subdiviser ce dernier en 49 SBV ; à ce niveau, on va utiliser les résultats de découpage pour compléter la suite de travail :

3.3.6 Hydrotraitement des MNT_SBV

En premier lieu, on va extraire les MNT pour chaque sous bassin, et par la suite faire le traitement de ces MNT en passant par la même procédure Hydrotraitement du MNT (MNT Hydro-processing) précédente. Alors, pour chaque sous bassin on va faire :

- La correction du MNT_SBV (fill sinks)
- Le sens de l'écoulement dans SBV (Flow direction)
- L'accumulation de flux pour SBV (Flow accumulation)
- L'extraction du réseau de drainage dans SBV (Drainage network extraction)

- L'affectation des ordres de Strahler dans le réseau de drainage pour SBV (Drainage network ordering)
- L'extraction des sous bassins versants (Catchment extraction)
- L'assemblage des sous bassins versants (Catchment merge)

Conclusion

Dans ce chapitre nous avons présenté de façon générale et distincte notre cadre d'étude, Nous avons défini les données disponibles du point de vue topographie, géologie, climatologie.... Ainsi que la situation hydrographique.

Ces données nous serviront pour entamer la régionalisation qui est basée en premier lieu sur l'analyse des paramètres morpho-métriques du bassin versant et par la suite la détermination des régions homogènes.

Chapitre 2 :

L'étude des régimes des débits

Introduction

Le comportement hydrologique d'un bassin versant dépend de la conjugaison des paramètres caractérisant les apports atmosphériques. Ces derniers sont constitués dans une grande partie par:

- Les pluies,
- Les paramètres physico - géographiques qui sont propres à chaque bassin,
- La formation géologique et pédologique,
- Le couvert végétal,
- Les reliefs, les pentes et les réseaux hydrographiques,
- Les facteurs climatiques qui rentrent dans le phénomène d'évaporation.

Selon RODIER (1964), les régimes hydrologiques varieraient suivant la répartition des précipitations et des conditions naturelles des bassins versants.

Les ressources en eau dépendent directement du comportement hydrologique du bassin. La détermination de ces ressources est liée à la connaissance des différents aspects de l'écoulement tel que :

- Les débits moyens annuels,
- Les variations saisonnières de l'écoulement,
- L'étude des deux types extrêmes de l'écoulement : crues et étiages ainsi que leurs fréquences.

I. Techniques de mesures

Les jaugeages sont réalisés souvent au moulinet excepté en période d'étiages où l'on utilise, pour certains cours d'eau, le déversoir, et cela depuis la mise en services des stations à ce jour avec une fréquence moyenne de deux jaugeages durant toute la période de service. Le limnigraphes fonctionne bien et les hauteurs journalières sont enregistrées sans lacunes et dans le cas de panne, les hauteurs journalières sont reconstituées à partir des lectures d'échelles. Trois lectures d'échelle sont faites quotidiennement pour suppléer aux détérrages éventuels des limnigraphes. Les profils en long et en travers de la section de l'oued, au site de la station, sont établis en cas de crues et changement du lit de l'oued.

Des listes des barèmes sont établis par plusieurs étalonnages, ces derniers ont été réalisés à partir des données existantes d'après la méthode de MANING STRICKLER (1867).

II. Le choix de l'année Hydrologique

En Algérie, l'année hydrologique adoptée par les services de l'Agence Nationale des Ressources Hydraulique correspond à l'année climatique définie de Septembre à Août. Aussi, afin de pouvoir utiliser aisément la documentation hydrologique établie par ces services, nous nous bornerons à retenir cette année de référence en émettant toutefois quelques réserves : Le découpage de l'année hydrologique adopté est rigide et ne tient pas compte des nuances dues à l'existence de secteurs géographiques différenciés dans le bassin. Il est à première vue valable pour la partie Sud où de fortes précipitations tombent en automne, dès le mois de Septembre. En réalité, dans ce secteur, c'est plutôt le choix des limites des saisons hydrologiques qui posera le plus de problèmes. Dans la partie Nord, le choix d'une année hydrologique comptée de novembre à octobre semble plus convenable ; cette année est assez bien adaptée au régime thermique qui se traduit par une saison froide de novembre à avril et par une saison chaude de Mai à Octobre. C'est le découpage annuel qui peut être généralisé à l'ensemble du bassin car de façon globale, les réserves en eaux souterraines épuisées en saison estivale ne sont en voie de reconstitution qu'en Novembre et parfois même qu'en Décembre. Il en est de même pour l'écoulement de surface car les précipitations de Septembre et d'Octobre ne profitent pas efficacement au ruissellement, non seulement en raison de l'évaporation encore élevée en cette période, mais aussi de la dessiccation profonde des sols se traduisant par une forte capacité de rétention capillaire. In (BOUABDELLI, 2015)

III. Etude de la stationnarité

Une série est dite stationnaire si elle provient d'un phénomène dont les caractéristiques sont indépendantes ou autonomes du temps. Inversement, elle est dite non-stationnaire si les caractéristiques statistiques du phénomène évoluent durant la période de mesure. In (BOUABDELLI,2015).

L'étude de la stationnarité des séries de données de variables hydrologiques est pour ainsi dire une des besognes inévitables des hydrologues (Bernier, 1977).

À partir de ce moment, elle cherche d'ailleurs à répondre aux questions qui relèvent du planning de réseaux hydrométriques pour le suivi des modifications climatiques et de ses effets sur les ressources en eau. Pour s'en rendre compte, il suffit de remarquer que le régime du cycle de l'eau est l'une des manifestations importantes du climat. Son suivi permet donc d'arrêter l'évolution de certains aspects

climatiques. Cela est d'autant plus attirant puisque depuis le début des années 1980, les chercheurs et des scientifiques ont tenté à prédire que certaines activités humaines ont un impact sur le climat.

Pour les hydrologues, les types de non-stationnarités considérés dans les séries de données sont :

- Le changement de la moyenne ;
- Le changement de la variance.

Il existe un certain nombre de tests statistiques pour vérifier ces différents types de discontinuités. Ce sont des tests du caractère aléatoire et simple d'une suite de variables indépendantes, qu'impliquent l'hypothèse de non-organisation chronologique de l'échantillon observé.

Cependant, le choix entre les différentes statistiques de tests et leurs différents modes d'utilisation n'est pas une chose aisée.

IV. Régimes fluviaux et variations saisonnières des ressources en eau de surface

L'examen des débits mensuels permet de mettre en lumière les régimes des cours d'eau et leurs variations inter annuelles ou inter saisonnières. Ces régimes peuvent être traduits par divers critères numériques et graphiques parmi lesquels on retiendra, principalement les coefficients mensuels de débits (C.M.D). Leur variabilité dans le temps sera cernée à partir du coefficient de variation, comme cela a déjà été le cas dans le cadre de l'étude de l'irrégularité interannuelle des modules. Ainsi, cette étude nous conduira à déterminer les disponibilités saisonnières en eau de surface du bassin et leur amplitude.

V. Les régimes saisonniers et les coefficients mensuels de débits

Les coefficients mensuels de débits ou rapports des débits moyens mensuels au module de la période considérée, pris pour unité, ont l'avantage de permettre la comparaison des variations saisonnières de régime de cours d'eau de débits très différents. Les coefficients mensuels de débits inférieurs à l'unité correspondent aux mois de basses eaux et les coefficients mensuels de débits supérieurs à l'unité représentent les mois de hautes eaux. A partir des séries hydrométriques, les coefficients mensuels de débits et leur figuration graphique établit pour les différentes stations de jaugeages permet de quantifier les régimes et de ses principaux affluents.

VI. Etudes de la variabilité des écoulements du bassin versant de Sobha

1. Critiques des données

Lors de la période d'étude nous constatons des lacunes où l'erreur est présente dans chaque année souvent représentée par les apports. Nous avons adopté la technique suivante ;

*si au niveau du jours d'un même mois de la même année se trouve une lacune, on corrige par la moyenne mensuelle.

*si au niveau du même mois de la même année, on retrouve une lacune, la correction se fait par la moyenne interannuelle.

*si au niveau de même année, on enregistre une lacune, la correction se fait par la droite de régression sur des valeurs interannuelles.

Nous présentons dans les sections suivantes, une analyse comportant des données corrigées.

2. Variabilité mensuelle

Pour la représentation de la variabilité des débits. Nous avons utilisé les données mensuelles des débits issues de la station de Sobha sur seize ans. Nous avons reporté en abscisse les années et en ordonnées les valeurs des débits en m³/s

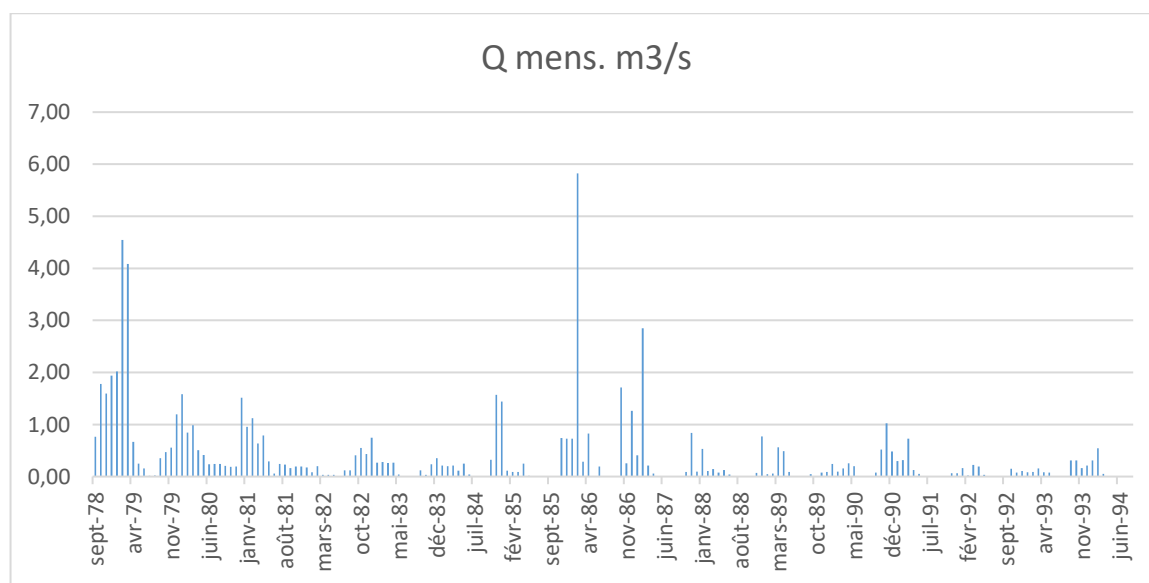


Figure 19: débits maxima mensuels des crues pour la période [1978-1994].

Après avoir étudié le régime pendant les 16 années de 1978-1994. Nous avons constaté que les variations des débits mensuels sont importantes pour les périodes suivantes :

*1978-1979 : les volumes de débits les plus prononcés sont enregistrés au niveau de deux mois février et mars avec une valeur qui varie entre 4.55 et 4.09 m³/s.

*1985-1986 : le volume de débit prononcé est enregistré au niveau du mois de février avec une valeur de 5.82 m³/s. Ce pendant ça reste le débit maximum enregistré durant toute la période d'étude.

*1986-1987 : le volume de débit prononcé est enregistré au niveau du mois de février avec une valeur de 2.85 m³/s.

Nous constatons après notre analyse que les débits maxima sont enregistrés sur chaque année durant les mêmes mois (février et mars). Nous pouvons conclure que cette augmentation est due principalement à l'apport des précipitations et aux lâchés des eaux au niveau des barrages.

3. Variabilité annuelle

Pour la représentation de la variabilité des débits. Nous avons utilisé les données annuelles des débits issues de la station de Sobha sur seize ans. Nous avons reporté en abscisse les années et en ordonnées les valeurs des débits en m³/s.

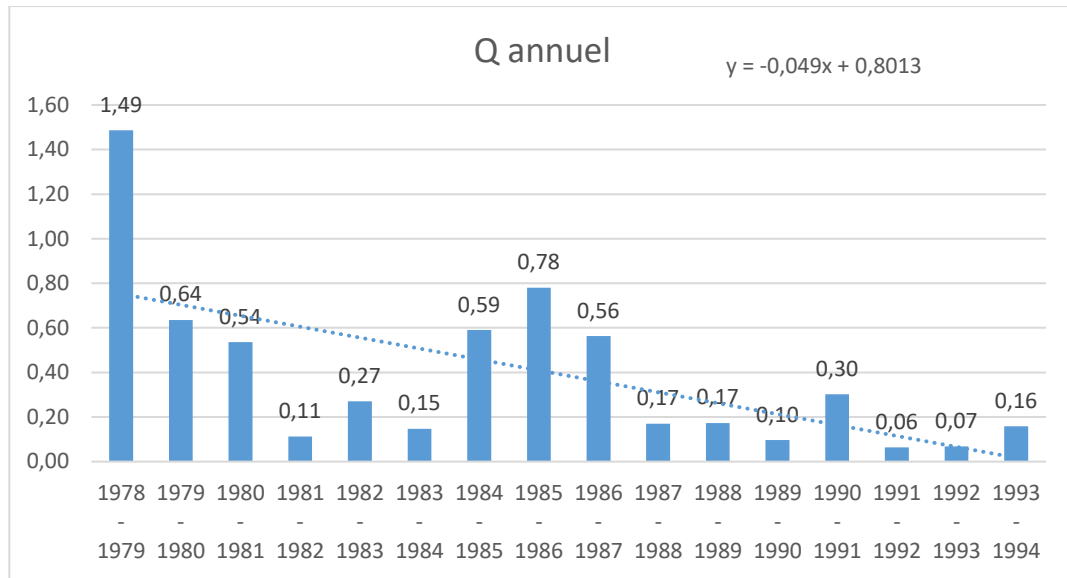


Figure 20: Débit annuel des crues à différente période [1978-1994].

Les débits moyens annuels importants sont observés sur six années sur les seize étudiées :

- 1978-1979 : (1.49 m³/s).
- 1979-1980 : (0.64 m³/s) :
- 1980-1981 (0.54 m³/s)
- 1984-1985 : (0.59 m³/s)
- 1985-1986 : (0.78 m³/s)
- 1986-1987 (0.56 m³/s)

Vu les résultats représentés sur le graphique, nous avons constaté que les débits ont tendance à baisser depuis 1978 jusqu' à 1987. Nous avons vérifié cet état par la droite de régression qui confirme cette baisse depuis les dates annoncées.

4. Variabilité saisonnière

Pour la représentation de la variabilité des débits. Nous avons utilisé les données saisonnières des débits issues de la station de Sobha sur seize ans. Nous avons reporté en abscisse les années et en ordonnées les valeurs des débits en m³/s.

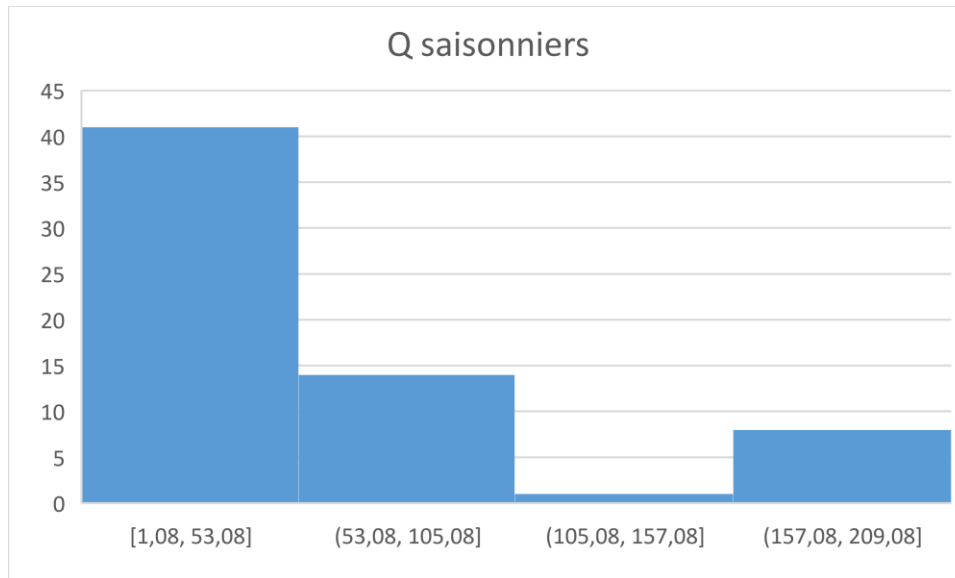


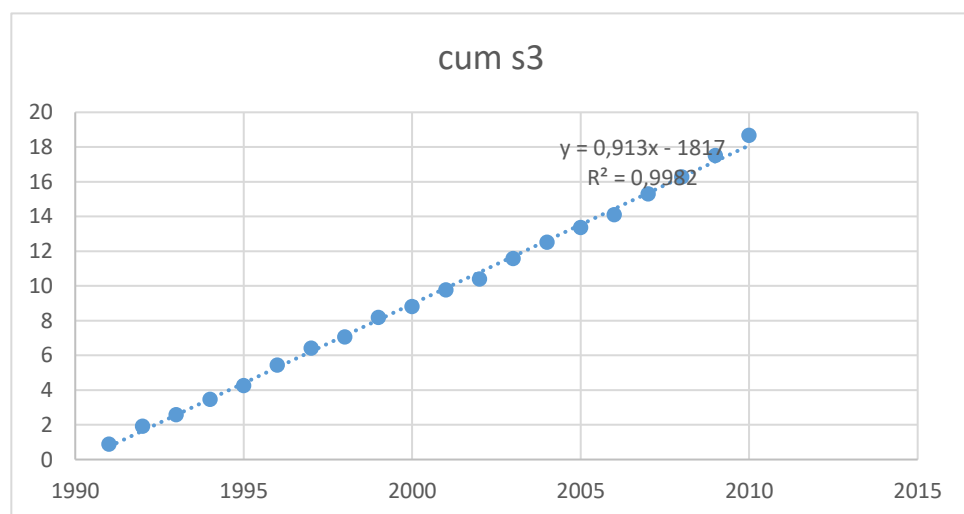
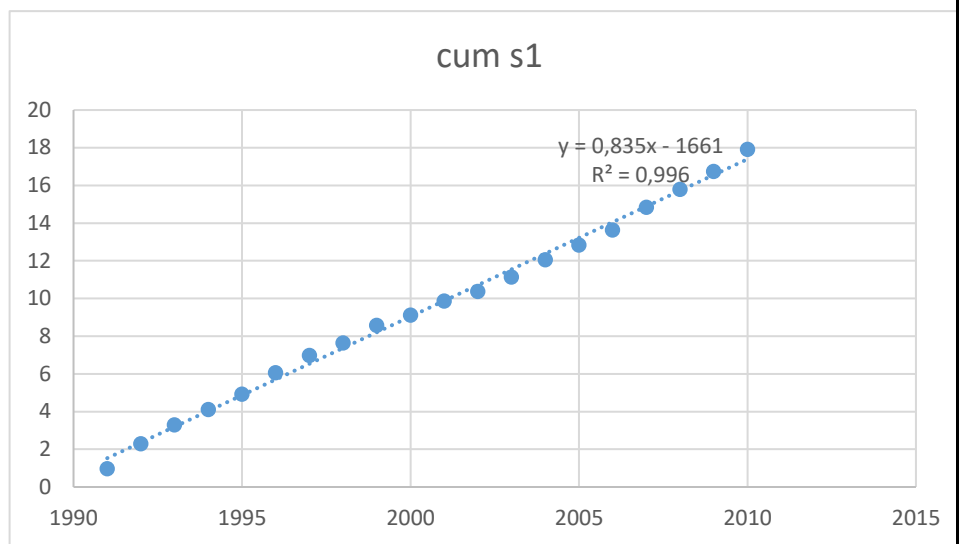
Figure 21: Débits des crues saisonniers [1978-1994].

Les débits saisonniers sont au nombre de quatre, dont le débit cumulé enregistré en hiver pendant la période d'étude est plus important avec une valeur de 194.86 m³/s, après l'automne d'une valeur de 97.81 m³/s, ensuite le printemps d'une valeur de 40.4 m³/s, et enfin l'été d'une valeur de 6.85 m³/s.

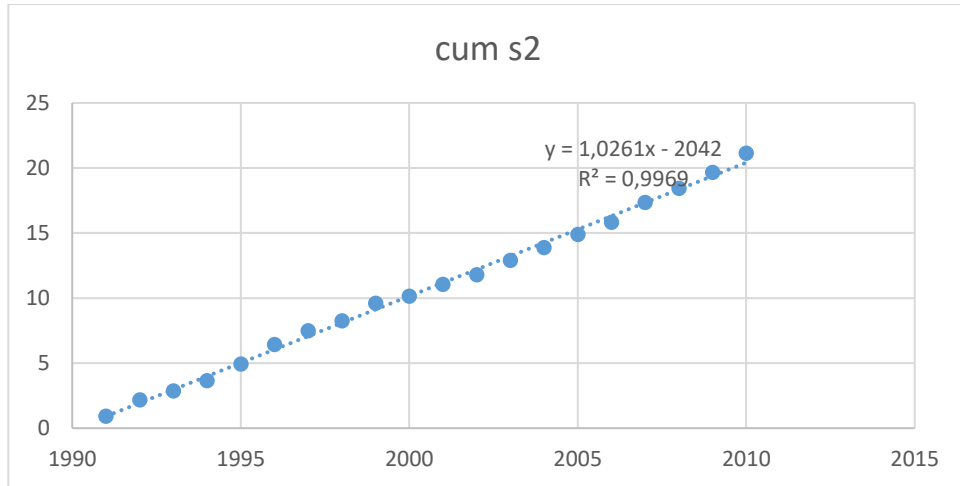
Années	cum s1
1991	0,98
1992	2,29
1993	3,29
1994	4,12
1995	4,92
1996	6,06
1997	6,98
1998	7,65
1999	8,57
2000	9,12
2001	9,87
2002	10,38
2003	11,15
2004	12,06
2005	12,84
2006	13,63
2007	14,85
2008	15,79
2009	16,74

2010	17,92
------	-------

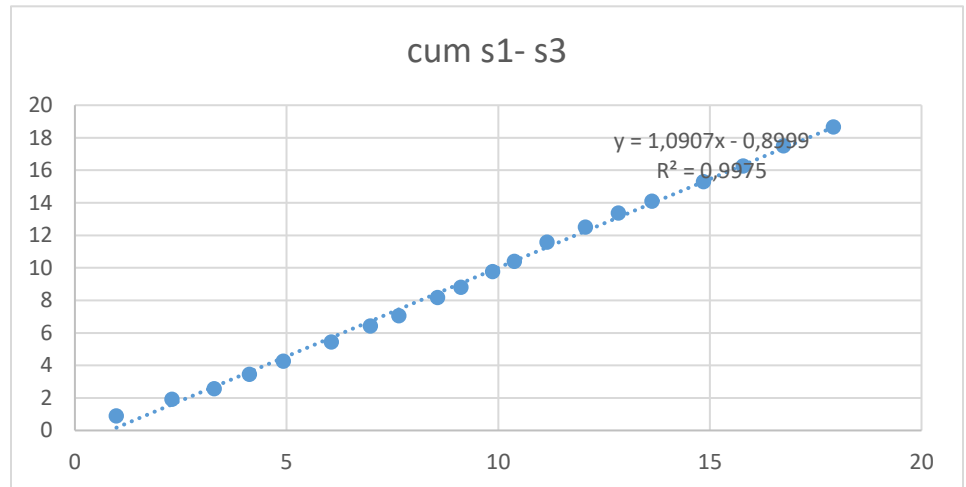
Années	cum s3
1991	0,89
1992	1,91
1993	2,57
1994	3,46
1995	4,25
1996	5,44
1997	6,42
1998	7,06
1999	8,18
2000	8,8
2001	9,76
2002	10,39
2003	11,57
2004	12,51
2005	13,36
2006	14,09
2007	15,29
2008	16,27
2009	17,5
2010	18,66



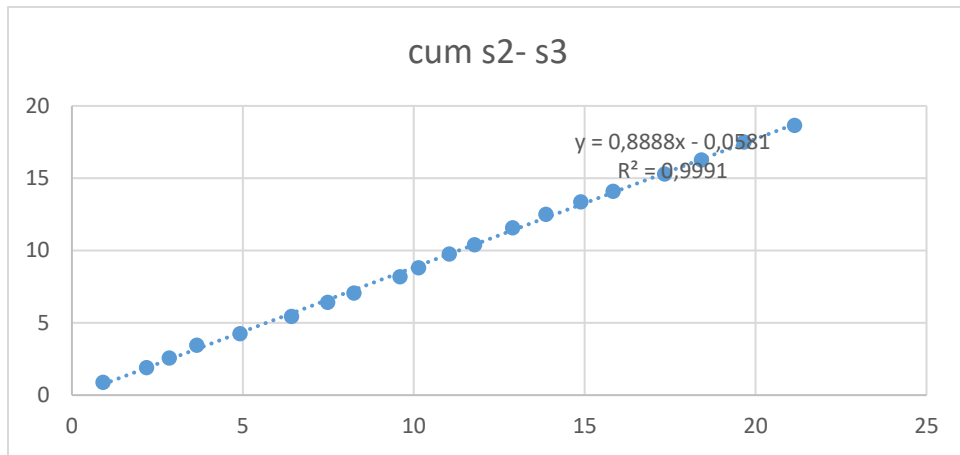
Années	cum2
1991	0,91
1992	2,18
1993	2,85
1994	3,65
1995	4,92
1996	6,42
1997	7,48
1998	8,25
1999	9,6
2000	10,14
2001	11,04
2002	11,78
2003	12,89
2004	13,87
2005	14,89
2006	15,83
2007	17,34
2008	18,42
2009	19,66
2010	21,14



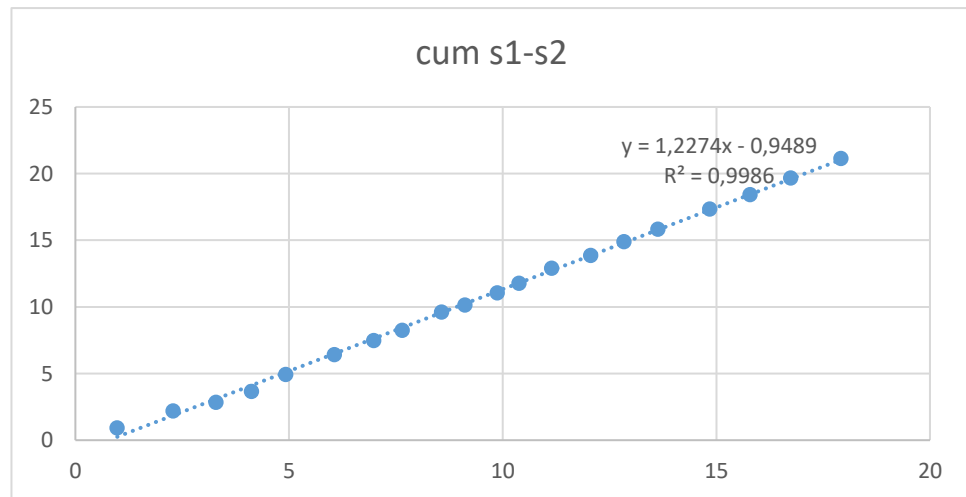
cum s1	cum s3
0,98	0,89
2,29	1,91
3,29	2,57
4,12	3,46
4,92	4,25
6,06	5,44
6,98	6,42
7,65	7,06
8,57	8,18
9,12	8,8
9,87	9,76
10,38	10,39
11,15	11,57
12,06	12,51
12,84	13,36
13,63	14,09
14,85	15,29
15,79	16,27
16,74	17,5
17,92	18,66



cum s2	cum s3
0,91	0,89
2,18	1,91
2,85	2,57
3,65	3,46
4,92	4,25
6,42	5,44
7,48	6,42
8,25	7,06
9,6	8,18
10,14	8,8
11,04	9,76
11,78	10,39
12,89	11,57
13,87	12,51
14,89	13,36
15,83	14,09
17,34	15,29
18,42	16,27
19,66	17,5
21,14	18,66



cum s1	cum s2
0,98	0,91
2,29	2,18
3,29	2,85
4,12	3,65
4,92	4,92
6,06	6,42
6,98	7,48
7,65	8,25
8,57	9,6
9,12	10,14
9,87	11,04
10,38	11,78
11,15	12,89
12,06	13,87
12,84	14,89
13,63	15,83
14,85	17,34
15,79	18,42
16,74	19,66
17,92	21,14



Chapitre 3 :

Etudes Géomorphologiques

Introduction

Le bassin versant de haut-Cheliff a été choisi comme bassin d'application de notre travail pour la diversité des données qui y sont disponibles. Nous présentons ici les principales caractéristiques du bassin, les données du milieu physique dont nous disposons, et l'interprétation que nous pouvons en faire quant au fonctionnement hydrologique de notre site d'étude. Ce chapitre expose les diverses méthodes de calcul, de mesure et de présentation employées pour décrire les principales caractéristiques physiques du bassin en question.

I. Définition et délimitation d'un bassin versant

Le bassin versant en un point ou plus précisément dans une section droite d'un cours d'eau est défini comme la surface topographique drainée par ce cours d'eau et ses affluents à l'amont de ladite section ; tous les écoulements prenant naissance à l'intérieur de cette surface doivent traverser la section droite considérée pour suivre leur trajet vers l'aval. En d'autres termes, il s'agit d'un domaine dans lequel tous les écoulements des eaux convergent vers un même point, exutoire de ce bassin. Ainsi toute goutte d'eau qui tombe dans ce territoire délimité par des frontières naturelles se dirige vers le cours d'eau ou ses affluents, puis vers l'aval et son exutoire. Cette aire d'alimentation a des limites géographiques, qui ne tiennent pas compte des limites administratives. Chaque bassin est séparé de ceux qui l'entourent par une "ligne de partage des eaux". Cette limite sera tracée sur une carte en courbes de niveau en suivant les lignes de crête bordant le bassin et ne traversera le cours d'eau qu'au droit de l'exutoire (figure 23). On définit ainsi le bassin versant topographique ou hydrographique pour les eaux superficielles qui peut parfois différer du bassin versant réel ou hydrogéologique. In (MAOU.A).

II. Caractéristique des formes :

Ce sont les paramètres morphométriques (forme, altitude, pente du relief, etc.) qui interviennent dans les modalités d'écoulement. Dans ce chapitre, nous nous limitons à l'exposé des principaux paramètres d'ordre morphométrique, de relief et hydrographique qui permettent de caractériser le bassin versant haut-Chéiff.

1. Indice de compacité ou indice de Gravélius :

Cet indice, comme son nom l'indique, est censé représenter la plus ou moins grande compacité du bassin. Autrement dit, ce paramètre doit rendre compte de la plus ou moins grande vitesse de concentration, à l'exutoire, des eaux de ruissellement en provenance des diverses parties dudit bassin.

L'indice de compacité est donné par :

$$Kc = 0,28 \frac{P}{\sqrt{S}}$$

Avec :

P : Périmètre du bassin en Km = 1368.4 km

S : Surface du bassin en Km² = 23366 km²

Si, Kc tend vers 1 : le bassin est ramassé

Si, Kc > 1 le bassin est allongé

Kc = 2.51 donc le bassin est allongé.

2. Périmètre

Ce paramètre ; de faible importance en hydrologie ; se mesure directement à partir de la carte topographique à l'aide d'un curvimètre. L'exactitude des limites du périmètre du bassin porte toujours des erreurs à cause de la grande sinuosité de la ligne de partage des eaux. Pour cette raison on doit d'abord schématiser les limites du bassin considéré par un tracé géométrique permettant d'évaluer non pas le périmètre réel mais le " périmètre stylisé ".

3. Superficie

La superficie du bassin ; facteur essentiel ; est obtenue par planimétrage sur les cartes topographiques. Ce planimétrage peut être réalisé à l'aide, parmi d'autres, d'un planimètre ou d'un papier quadrillé tel que le papier millimétré.

4. Rectangle équivalent

Il est défini par sa longueur "L" et sa largeur "l" et par la même surface du bassin versant "S".

Les dimensions de ce rectangle sont données par les formules suivantes :

- La longueur : $L = \frac{kc \sqrt{s}}{1,12} [1 + \sqrt{1 - (\frac{1,12}{kc})^2}]$
- La largeur : $l = \frac{kc \sqrt{s}}{1,12} [1 - \sqrt{1 - (\frac{1,12}{kc})^2}]$

III. Caractéristiques du Relief

1. Hypsométrie des bassins

La variation d'altitude à l'intérieur d'un bassin ainsi que l'altitude moyenne sont des données essentielles aux études de la température et des précipitations (Llamas, 1992).

La description détaillée de l'élévation d'un bassin est donnée par les courbes hypsométriques, et à partir de celles –ci, nous pouvons déterminer les caractéristiques de relief, à savoir.

L'altitude maximale (Hmax).

L'altitude minimale (Hmin).

L'altitude médiane correspond à 50% de la surface (H50%).

L'altitude moyenne (Hmoy) déterminée par l'expression

L'altitude correspond à 5% de la surface (H5%)

L'altitude correspond à 95% de la surface (H95%)

La dénivelée (D= H5% - H95%).

$$H_{moy} = \sum_{i=1}^n \frac{S_i \cdot H_i}{A}$$

Avec :

Hmoy : altitude moyenne du bassin(m)

Si : surface comprise entre deux courbes de niveaux i et i+1 (Km2)

hi : altitude entre ces deux courbes de niveaux (m)

A : surface totale du bassin versant en Km2

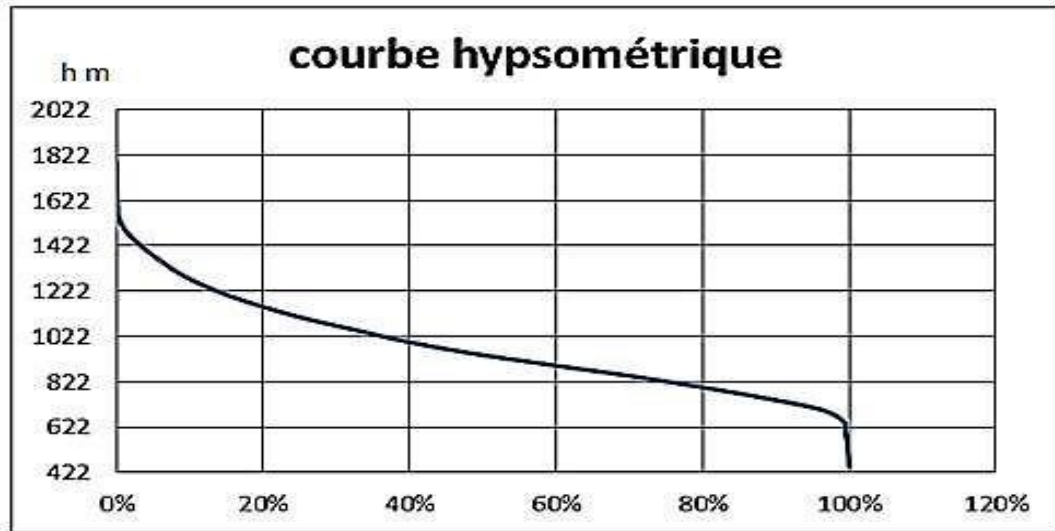


Figure 22: Courbe et répartition hypsométrique.

2. Indice de pente

Selon Dudreuil (1974), le but de ces indices est de caractériser les pentes d'un bassin versant pour permettre des comparaisons et des classifications entre bassins. Ils sont déterminés à partir de la connaissance des courbes hypsométriques.

3. Indice de pente de roche « Ip »

Il permet de déterminer la pente moyenne avec les données réelles du bassin versant, il est calculé par l'expression

$$I_P = \frac{1}{\sqrt{L}} \sum_{i=1}^n \sqrt{B_i(a_i - a_{i-1})}$$

Avec :

I_P : indice de pente de roche en %

B_i : fraction de surface comprise entre l'altitude a_i et a_{i+1} (a_i, a_{i+1}) altitude des courbes de niveau du bassin (m^2).

L : longueur du rectangle équivalent en Km.

a_{i-1}, a_i : Côtes de ligne de niveaux du bassin en m.

4. Indice de pente globale I_g

Il est utilisé pour la classification des bassins versants, cet indice est déterminé par la formule :

$$I_g = \frac{D}{L} = 0.21 \quad \text{en \%}$$

Avec : D : Dénivelée en m.

L : Longueur du rectangle équivalent en Km.

5. Pente moyenne d'un bassin versant « I_m »

La pente moyenne d'un bassin versant peut se calculer par l'expression.

$$I_{moy} = \frac{H (0.5L_1 + L_2 + L_3 + \dots + 0.5L_n)}{A}$$

Avec :

I_m : pente moyenne du bassin en (%).

H : hauteur entre deux courbes de niveaux consécutives (m).

L_i : longueur de la courbe de niveau en (Km).

A : superficie du bassin versant (Km^2).

IV. Paramètres Du Réseau Hydrographique :

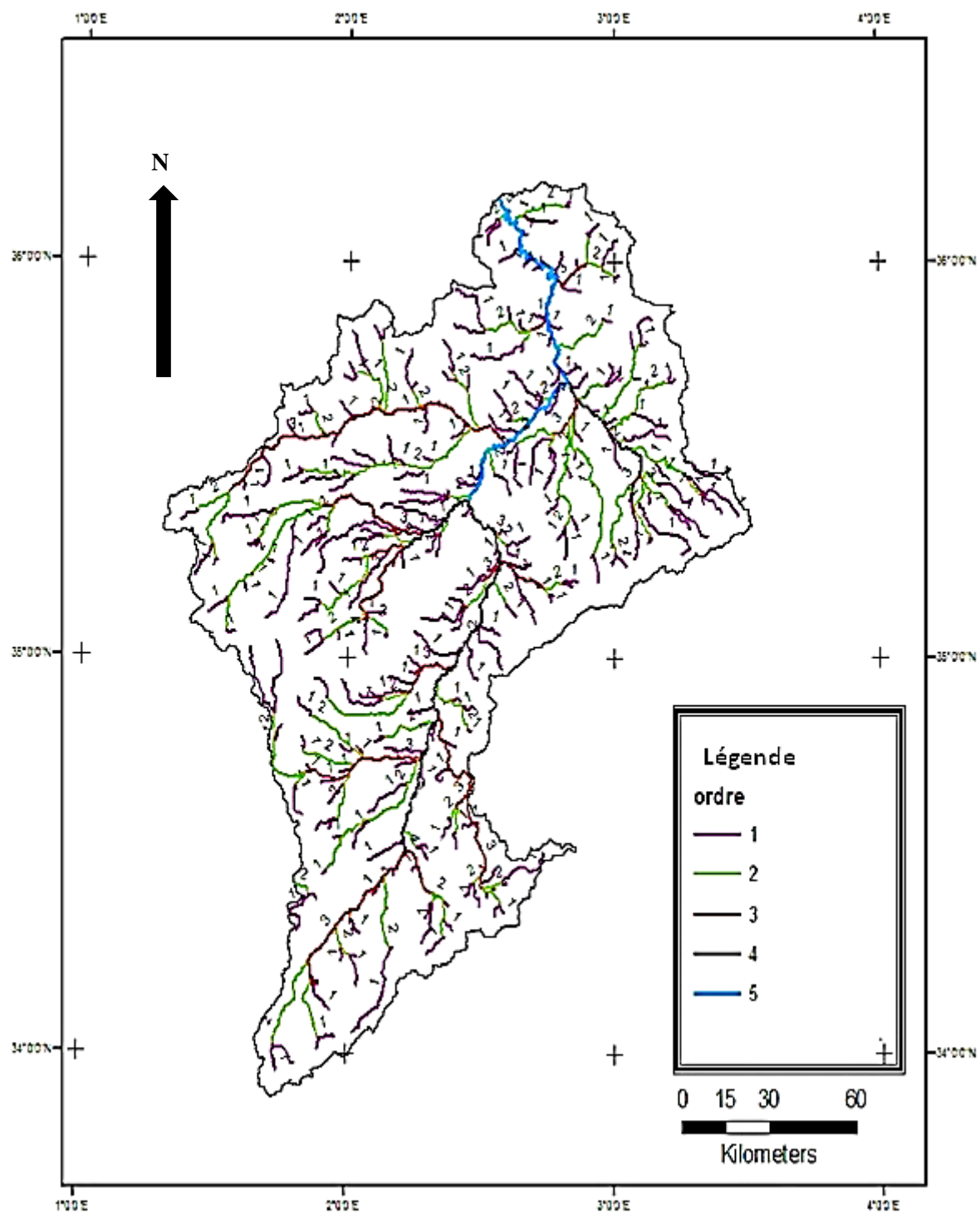


Figure 23: Réseau Hydrographique de bassin haut Chélif

1. Densité de drainage Dd

C'est le rapport de la longueur totale des talwegs à la surface du bassin versant, elle est exprimée en Km/Km², soit :

$$Dd = \frac{\sum_{i=1}^n li}{S}$$

Avec : $\sum_{i=1}^n li$: Longueur totale cumulée des talwegs

S : Surface du bassin versant (Km²).

2. Coefficient de torrentialité (Ct)

$$Ct = Ft * Dd$$

Avec : Ft : Fréquence des talwegs élémentaires : $Ft = \frac{N}{S}$ —

Nombre des talwegs d'ordre 1.

3. Temps de concentration

C'est le temps que met une goutte de pluie la plus éloignée pour arriver à l'exutoire. Il peut être calculé par la formule de Giandotti.

$$tc = \frac{4\sqrt{S+1.5L}}{0.8\sqrt{Hmoy-Hmin}}$$

Avec :

L : longueur du talweg principal qu'est égale à tous les résultats de calcul sont résumés dans le tableau

Paramètres	Symbole	Unité	Valeur
Superficie	A	Km ²	23366
Périmètre	P	Km	1368.4
Indice de compacité	K _c	/	2.51
Longueur du rectangle équivalent	L _R	m	650.81
Largeur du rectangle équivalent	IR	m	36.09
Indice de pente de Roche	IP	%	8.6
Indice de pente global	Ig	%	21
Type de relief	/	/	fort
Altitude median	Hmoy	m	940
Altitude maximale	Hmax	m	1787
Altitude minimale	Hmin	m	422
Altitude à 5%	H5%	m	1260
Altitude à 95%	H95%	m	700
Longueur de cour d'eau principale	L _p	Km	381.86
Densité de drainage totale	D _d	Km/Km ²	0,19
Coefficient de torrentialité	C _t	/	0,004
Temps de concentration	T _c	Heures	15,07
Ordre de cour d'eau principale	Ordre	/	05

Tableau 7 : Caractéristiques géométriques et hydro-morphométriques du bassin

Conclusion générale

La difficulté majeure rencontrée dans la majorité des études hydrologiques des bassins versants en Algérie est le sous-équipement du bassin, la qualité des données et l'insuffisance d'informations temporelles et spatiales ce qui engendre un manque dans la planification, la gestion des risques naturels, la conservation des sols et de l'eau et la gestion durable des ressources naturelles des régions.

L'objectif principal de ce travail sur le bassin versant de Deurdeur dans la région de haut Chélif s'appuie sur la découverte des caractéristiques du bassin et des divers paramètres étant physiques. La zone d'étude s'étale sur une superficie 43750 km² et présente un périmètre de 1906,5km. Elle est caractérisée par une diversité de relief et un climat méditerranéen semi-aride, le bassin Chélif a été étudié à partir de son modèle numérique de terrain (MNT) à l'aide des systèmes d'informations géographiques présenté par le logiciel (ILWIS), pour l'extraction automatique des paramètres morpho-métriques du bassin. En suite concernant l'étude de variabilité des écoulements sur le bassin versant de station de Sobha nous avons obtenu des résultats fiables et satisfaisantes ; dont pour la représentation nous avons utilisé les débits mensuelle, annuelle et saisonniers.

Pour finir, les résultats présentés par notre étude constituent également une étape préparatoire vers une région, si notre approche de régionalisation ne peut aujourd'hui répondre à tous les problèmes d'hydrologie quantitative, elle se situe, selon nous, parmi les méthodes les plus fiables et les plus facilement utilisables pour un large éventail de questions posées.

Références Bibliographiques

ABH-CZ (2004). Cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Chéelif-aval du barrage du Boughzoul. Première partie : Haut et Moyen chelif,62p.

ABH-CZ (2004). Cadastre hydraulique du bassin hydrographique du Chéelif-aval du barrage du Boughzoul. Deuxième partie : bas Chéelif et Mina,52p.

ANBT. 2008. Agence Nationale des Barrages et Transfères. Etude de protection des bassins versants des barrages d'Oued Fodda, Ghrib et Boughazoul. Alger.

Aouda, S. (2011). La prise en compte des barrages réservoirs dans un model pluie débit global ; l'application au cas du bassin du Chéelif. Thqse de Magister, Université Hassiba Ben Bouali de Chlef ; Chlef.42-43,46, 52 ; 97 ; 99P.

BENHATTAB, Karima, BOUVIER, Christophe, et MEDDI, Mohamed. *Analyse fréquentielle régionale des précipitations journalières maximales annuelles dans le bassin hydrographique-Chéelif*, Algérie. Revue des sciences de l'eau/Journal of Water Science, 2014, vol. 27, no 3, p. 189-203.

Benayache Naila Yasmine, (2013/2014). Evaluation du niveau de la pollution organique des eaux barrages Hammame Grouz et Béni-Harroune, Mémoire de Master, en Pollution des écosystèmes et Ecotoxicologie. Université de Constantine 1, p 1.

BERNIER (1977). Etude de la stationnarité des séries hydrométéorologiques. La houille Blanche.

B.R.P., C.E.P., C.F.P.A., C.P.A., C.R.E.P.S., I.F.P., S.E.R.E.P.T. et REPAL S.N., 1959 - Contribution à l'étude du Cambrien et de l'Ordovicien du Sahara. *C.R. Som. Soc. géol. France*, 194 p.

Djellouli, Y et Daget,Ph (1993). Conséquence de la sècheresse des deux dernières décennies sur les écosystèmes naturels algériens.Publ.AIC, vol.6, 104-113.

Dudreuil P. (1974) Présentation de l'activité française en matière de bassin représentatif au cours de la Décennie hydrologique internationale-Orstom,Serie Hydrologie ,vol .XI ,2.

FICHEUR E., 1902 - Les régions naturelles de l'Algérie. *Ann. Géographie*, T. 11, (60):
419 - 437.

In (BOUABDELLI, 2015)

In (MAOU.A 2011)

Kahoul M, Touhami. (2014). Évaluation de la qualité physico- chimique des eaux de consommation de la ville d'ANNABA (ALGERIE). Laboratoire des sols et développements durable, Faculté des sciences, Université Badji Mokhar, Annaba BP 12 , p130, Algérie.kahomed@yahoo.fr

Manuel d'utilisation ILWIS 3.31 Academic, (2007)

MEHAIGUENE, MADJID. *Bilan hydrologique et ressources en eau de surface du bassin Cheliff-Zahrez.* 2005. Thèse de doctorat. MEDDI Mohamed.

Messelmi hayet ... usée urbains et au processus d'eutrophisation (De Villers et al., 2005)

Llamas (1992). Les zones humides sont un enjeu important en hydrogéologie. Dans certains articles sur la surexploitation des aquifères. (Simmers et al..., de), Heise, Hannover, 3;69-86.

RODIER J (1964). Régimes hydrologiques de l'Afrique noire à l'ouest du congé. ORSTOM, paris, France.

Rodier .J, Legube. B, Merlet. N, Brunet. R, (2009) l'analyse de l'eau. Eaux naturelles résiduaires, eaux de mer, 9^{ème} édition - pris : dumod.1579p.

